saja aljumaily

2017

ـ مساعد الطالب في ـ

الكيمياء

الصف السادس العلمي
الفرع الاحيائي

الفصل الاول

الاستاذ : مهند السوداني

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿وقل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون﴾

انطلاقا من قول المصطفى (ص): ((زكاة العلم نشرهُ وتعليمهُ))

تضع شبكة مواقع رحلة التفوق في السادس التعليمية التربوية الخيرية بيـن ايديكم احدى اعمالها من ملازم مرحلة السادس الأعدادي هذه المرحلة الهامة والمصيرية في حياة اعزائنا الطلبة وخاصة المتعففين منهم ولمن يتعذر عليه اقتناء هذه المساعدات المدرسية في محافظاتنا العراقية العزيزة بهدف النهوض وتطوير الواقع التعليمي ولو بالجزء اليسير.

إذ أن شبكتنا لاتقتصر عاى نشر الملازم المدرسية فقط أنما تقوم بنشـر الدروس المرئية المجانية لأكفأ التدريسيين بالأضافة الـى مجموعة قنواتنا التدريسية وكذلك الأرشادات والنصائح وطـرق الدراسـة الصحيحة هذا من جهة. أما من جهة أخرى فهو كـسر لشـوكة بعض المحسـوبين علـى الكـادر التدريسي ممن يرفضـون نشـر ملازمهم والتعـاون مع ابنائهم الطلبة ليأخذوا من المال هدفا أهم ويتناسوا مصلحة الطالب والواقع التعليمي المتدني.

علماً ان كـادر الشـبكة والقائمين عليها هم مجموعة من الشـباب العراقي الواعي المثقف بالأضافة الى تعـاون بعض المدرسين الكرام كما واننا غير تابعين لأي جهة كانت رسمية او غير رسـمية انما سر تجمعنا وعملنا هو خيري بحت آملين من الله عز وجل ان يوفقنا لتقديم كل ما هو صالح لشعبنا و وطننا الحبيب.

كادر شبكة رحلة التفوق في السادس

٢٠١٥/٨/٢١

ا.د : اشرف الوائلي

ا.د : مينا الاحمد

1-1 الثرموداينمك

علم يهتم بدراسة الطاقة وتحولاتها ويهدف نحو تحويل أكبر قدر ممكن من الطاقة الحرارية الناتجة من احتراق الوقود الى أنواع أخرى من الطاقات مثل تحويل الطاقة الحرارية الى الطاقة الميكانيكية للاستفادة منها في عمل المحركات.

س / ما هي الظواهر التي يفسرها علم الثرموداينمك؟

١ـ سبب حدوث التفاعلات الكيميائية.
٢ـ التنبؤ بحدوث التغييرات الكيميائية والفيزيائية عندما توجد مادة او اكثر تحت شروط معينة.
٣ـ حدوث بعض التفاعلات التلقائية وغير التلقائية عند نفس الظروف.
٤ـ سبب حدوث الطاقة المصاحبة للتفاعلات الكيميائية.

ملاحظة / لا يهتم علم الثرموداينمك بعامل الزمن الذي يستغرقه التفاعل فهو يتنبئ فقط أمكانية حدوث التفاعل من عدمه.

أنـــــواع الطاقـــــة.

١ـ **الطاقة الكامنة** : *هي التي تشمل جميع الطاقة الكيميائية المخزونة في جميع أنواع المواد وجميع أنواع الوقود.*
٢ـ **الطاقة الحركية** : *هي التي تشمل طاقة جميع الأجسام المتحركة مثل الجزيئات والماء المتحرك والسيارات والطائرات.*

للتوضيح : تتحول الطاقة الكامنة في الماء إلى طاقة حركية إذا تم تحريك الماء من اعلي الشلال إلى أسفله لأن الطاقة الناتجة وهي الحركية يمكن أن تدور المحرك لتوليد الطاقة الكهربائية. *وعليه تم استنتاج القانون الاول*

(القانون الاول في علم الثرموداينمك)

((الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم ولكن يمكن تحويلها من شكل إلى أخر))

---

1 – 2 وحدات الطاقة ودرجات الحرارة.

وحدة الجول : هي وحدة الطاقة حسب النظام الدولي للوحدات ويرمز لها (J) ويعبر عنه كالآتي

حيث Kg وحدة الكيلو غرام و m وحدة المتر و S وحدة الثانية

$$1\,J = 1\,Kg\,.\,m^2/s^2$$

الطاقة الحركية (KE) : هي حاصل ضرب نصف الكتلة (Kg) في مربع السرعة {V (m/s)}

$$KE = 1/2\,m.\,V^2$$

مثال/ اذا تحرك جسم كتلته 4Kg مسافة متر واحد خلال ثانية واحدة فما هي مقدار الطاقة الحركية؟

الجواب/

$$KE = \frac{1}{2}\,m.\,V^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 4Kg \times (1m/1s)^2 = 2\,(kg.m^2/s^2) = 2\,J$$

درجة حرارة الكلفن : هي درجة الحرارة بوحدات الكلفن (K) ويرمز لها بالحرف T وتعتبر درجة الحرارة المستخدمة في الثرموداينمك ويتم حسابها من درجة الحرارة السيليزية باستخدام العلاقة التالية

$$T\,(K) = t_{(C°)} + 273$$

3-1 بعض المصطلحات الثرموداينمكية

١- **النظـــــــــام** : هو عبارة عن جزء معين من الكون يتكون من المادة او المـواد المشـتركة في حدوث تغيرات فيزيائية وكيميائية محدودة داخل حدود معينة قد تكون حقيقية او تخيلية.

٢- **المحيط** : كل ما يحيط بالنظام ويؤثر عليه من التغييرات الفيزيائية او الكيميائية.

٣- **المجموعــــــة(الكون)** : هي النظام + المحيط .

٤- **النظام المفتوح** : هو النظام الذي تكون فيه الحدود بين النظام والمحيط تسمح بتبادل مادة النظام وطاقته مثل أناء معدني مفتوح يحتوي ماء مغلي.

٥- **النظام المـغلق** : هو النظام الذي تكون فيه الحدود بين النظام والمحيط تسـمح بتبـادل الطاقـة فقط ولا تسمح بتغير مادة النظام مثل إناء معدني مغلق يحتوي ماء مغلي.

٦- **النظام المعزول** : هو النظام الذي لا تسمح حدوده بتبادل الطاقة ولا المادة مثل الثرموس.

٧- **خواص النظـــام** : هي المتغيرات الفيزيائية للنظام التي من الممكن ملاحظتها أو قياسها مثل عدد مولات المادة أو المواد الموجودة في النظام أو الحالة الفيزيائية مثل الحجم والضغط و الحرارة.

4-1 الحرارة Heat

هي احد أشكال الطاقة الشائعة في حياتنا اليومية ويرمز لها (q) وهي تمثل انتقال الطاقة الحرارية بين جسمين مختلفين في درجة الحرارة .

درجة الحرارة : هي مقياس الطاقة الحرارية .

- تتناسب الحرارة المفقودة او المكتسبة لجسم ما طرديا مع التغيير في درجات الحرارة ويرمز للتغير بالرمز (Δ) الذي يوضع قبل رمز الدالة المتغيرة وبالشكل الاتي

$$\Delta T = T_f - T_i$$

حيث T_f درجة الحرارة النهائية و T_i درجة الحرارة الابتدائية .

لذا التناسب بين الحرارة (q) والتغيير في درجة الحرارة يمكن كتابته على الصورة التالية

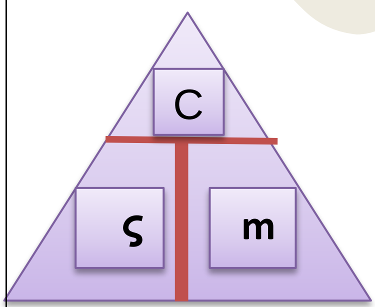
$$(q) \propto \Delta T \qquad \text{------------------1}$$

ويحول التناسب الى مساواة بضرب ΔT بثابت تناسب يدعى السعة الحرارية C

$$(q) = C \,.\, \Delta T \qquad \text{------------------2}$$

وترتبط السعة الحرارية (C) مع الحرارة النوعية (ς) بالعلاقة التالية

$$C = ς \times m \qquad \text{------------------3}$$



وبتعويض معادلة 2 في معادلة 3 نحصل على العلاقة التالية

$$q(J) = ς(J/g.°C) \times m(g) \times \Delta T(C)$$

س/ ما المقصود بالسعة الحرارية ؟ الحرارة النوعية ؟

السعة الحرارية : هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة مقدارها غرام من اي مادة درجة سيليزية واحدة ووحدتها (J/°c).

الحرارة النوعية : هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة مقدارها غرام واحد من اي مادة درجة سيليزية واحدة ووحدتها (J/g.°c).

مثال (1-1) ما مقدار الحرارة الناتجة من تسخين قطعة من الحديد كتلتها 870g من 5 °C الى 95°C علما ان الحرارة النوعية للحديد 0.45J/g.c ؟

الحل / نجد التغير في درجات الحرارة

$$\Delta T = T_f - T_i = (95 - 5) = 90C°$$

وباستخدام العلاقة التالية نحسب كمية الحرارة

$$q(J) = \varsigma(J/g.C) \times m(g) \times \Delta T(°C)$$

$$q(J) = 0.45 (J/g.°C) \ X\ 870(g)\ X\ 90 (°C) = 35235 J$$

والحرارة المستهلكة من تسخين قطعة الحديد بوحدة K J كالاتي

$$q(KJ) = 35235 J \times \frac{1KJ}{1000 J} = 35.235 kJ$$

تمرين (1-1) تغيرت درجة حرارة المغنسيوم كتلتها 10g من C 25 الى 45C مع اكتساب حرارة مقدارها J 205 احسب الحرارة النوعية لقطعة المغنسيوم ؟

الحل / نجد التغير في درجات الحرارة

$$\Delta T = T_f - T_i = (45 - 25) = 20C°$$

وباستخدام العلاقة التالية

$$q(J) = \varsigma(J/g.C) \times m(g) \times \Delta T(C)$$

منها نستنتج ان الحرارة النوعية تكون كالاتي

$$\varsigma(J/g.C) = \frac{q}{m\ X\ \Delta T} = \frac{205\ J}{10g\ X\ 20\ (C)} = 1.025\ (J/g.C)$$

سؤال (9-1) قطعة من الفضة كتلتها 360 g وسعتها الحرارية (86J/C°) احسب حرارتها النوعية؟ □

الحل /

ترتبط الحرارة النوعية مع السعة الحرارية بالعلاقة التالية □

$$C_{(J/C°)} = ς\ (J/g.C) \times m(g)$$

$$ς = \frac{C}{m} = \frac{86J/C°}{360g} = 0.2388\ J/g.C$$

سؤال (10-1) قطعة من النحاس كتلتها 6 g سخنت من 21C° الى 124C° احسب كمية الحرارة بوحدة الكيلو جول (KJ) علما ان الحرارة النوعية للنحاس (0.39 J/g.C)؛ □

الحــــــــــل/ نجد التغير في درجات الحرارة .سلطان

$$\Delta T = T_f - T_i = (124 - 21) = 103\ C°$$

وباستخدام العلاقة التالية نحسب كمية الحرارة سلطان

$$q(J) = ς\ (J/g.C) \times m(g) \times \Delta T\ (°C)$$

$$q(J) = 0.39\ (J/g.°C) \times 6(g) \times 103\ (°C) = 241J$$

والحرارة المستهلكة من تسخين قطعة النحاس بوحدة K J كالاتي

$$q\ (KJ) = 241\ J \times \frac{1KJ}{1000\ J} = 0.241\ k\ J$$

سؤال (11-1) احسب كمية الحرارة المنبعثة بوحدات (kJ) من 350g من الزئبق عند تبريدها من 77C° الى 12C° علما ان الحرارة النوعية للزئبق (0.14 J/g.C)؛ □

الحــــــــــل/ واجب الناتج سيكون -3.185kJ؛ □

سؤال (12-1) اذا تم رفع درجة حرارة 34g من الايثانول من 25C° الى 79C° احسب كمية الحرارة الممتصة للايثانول بوحدة (kJ) اذا علمت ان الحرارة النوعية للايثانول (2.44 J/g.C). ☐

الحـــــــل/ واجب الناتج سيكون = 4.47984 kJ☐

سؤال (13-1) سخنت عينة من مادة مجهولة كتلتها 155g من حرارة 25C° الى 40C° مما ادى الى امتصاص حرارة مقدارها 5700 J احسب الحرارة النوعية لهذه المادة؟☐

الحل / (واجب) الناتج سيكون (J/g.c) 2.45☐

سؤال (1- 14) 4.5g من حبيبات الذهب امتصت 276J عند تسخينها فاذا علمت ان الحرارة الابتدائية كانت 25C° احسب الدرجة الحرارية النهائية التي سخنت اليها الحرارة النوعية للذهب (0.13 J/g.C)؛☐

الحل /

$$q(J) = \varsigma (J/g.C) \times m(g) \times \Delta T (C)$$

منها نستنتج ان الحرارة النوعية تكون كالاتي☐

$$\Delta T (C) = \frac{q}{\varsigma \times m} = \frac{276\ J}{0.13 J/g.c \times 4.5g} = 471.8\ C$$

$$\Delta T = T_f - T_i \longrightarrow T_f = \Delta T + T_i = 471.8 + 25 = 496.8\ C^\circ$$

نصيحة: اذا كانت الحرارة الابتدائية او النهائية هي المجهولة اعتبر ∆T هي المجهولة

1–5 حرارة التفاعل (التغير في الانثالي ΔH)

أكثر العمليات الكيميائية تجري عند ضغط ثابت وقليل جدا منها يحدث عند حجم ثابت لذلك فان الحرارة المصاحبة للتفاعل الكيميائي التي تجري عند ضغط ثابت يجري قياسها بشكل أسهل من عملية قياسها بحجم ثابت

التغير في الانثالي ΔH : **هي دالة حالة ثرموداينمكية وخاصة شاملة تمثل كمية الحرارة الممتصة او المتحررة المقاسة بثبوت الضغط (الضغط الجوي) ويرمز لها بالرمز H ولا يمكن قياس القيم المطلقة لها لأنها دالة حالة ويقاس لها التغير الحاصل فيها حسب العلاقة**

$$\Delta H_r = \Delta H_{(P)} - \Delta H_{(R)}$$

انثالبي التفاعل   انثالبي النواتج   انثالبي المتفاعلات

ملاحظات مهمة جدا

- التغير في الانثالبي ΔH = حرارة التفاعل المقاسة عند ضغط ثابت أي $\Delta H = q_p$
- q_p تمثل الحرارة المقاسة تحت ضغط ثابت.
- اذا كانت (ΔH_P اصغر من ΔH_R) اي ΔHr اصغر من صفر اي لها قيمة سالبة يكون التفاعل باعث للحرارة.
- اذا كانت (ΔH_P أكبر من ΔH_R) اي ΔHr أكبر من صفر اي لها قيمة موجبة يكون التفاعل ماص للحرارة .

1–6 دالة الحالة

هي تلك الخاصية او الكمية التي تعتمد على الحالة الابتدائية للنظام قبل التغير والحالة النهائية للنظام بعد التغير بغض النظر عن الطريق او المسار الذي تم من خلاله التغير ومن أمثلة دالة الحالة الانثالبي والانتروبي وطاقة كبس الحرة .

- *إن الحرارة والشغل قيمها تتغير كثيرا بتغير ظروف التجربة وبالتالي فهي لا تعتبر دوال حالة حيث انها تعتمد على المسار والخطوات التي تم من خلالها من خلالها التغيير.*
- *لا يمكن قياس القيم المطلقة لدوال الحالة وانما يمكن قياس مقدار التغيير (Δ) لهذه الدوال .*

1–7 الخواص العامة للمواد

تقسم الخواص العامة للمواد الى نوعين:

١- *الخواص الشاملة* : وهي تشمل جميع الخواص التي تعتمد على كمية المادة الموجودة في النظام مثل الكتلة و الحجم والسعة الحرارية والانثالبي والانتروبي والطاقة الحرة.

٢- *الخواص المركزة* : وهي تشمل جميع الخواص التي لا تعتمد على كمية المادة الموجودة في النظام مثل الكثافة ودرجة الحرارة والحرارة النوعية.

علل / الانثالبي يعتبر دالة حالة وهي خاصية شاملة؟

الجواب / لأنها تعتمد على كمية المادة فالتغير في انثالبي تفاعل 2mole من المادة يساوي ضعف التغير في انثالبي تفاعل 1mole من المادة نفسها.

تذكر شاملة تشمل كلشي حتى الكتلة مركزة بس ما تركز على الكتلة

1 – 8 الكيمياء الحرارية

علم يهتم بدراسة الحرارة الممتصة والمنبعثة نتيجة التغيرات الفيزيائية والكيمائية بمعنى ابسط انها تهتم بحساب انثالبي التفاعلات الكيمائية والتغييرات الفيزيائية.

كما وضحنا سابقا ان كانت قيم ΔHr سالبة التفاعل باعث للحرارة.

اما اذا كانت موجبة فالتفاعل ماص للحرارة.

لاحظ :

اذا اعتبرنا ان التفاعل هو النظام

فالتفاعل الباعث للحرارة (يحول الطاقة الحرارية من النظام الى المحيط)

كما في التفاعل الكيميائي والتغيير الفيزيائي الآتيين .

تفاعل كيميائي $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)} + Energy$

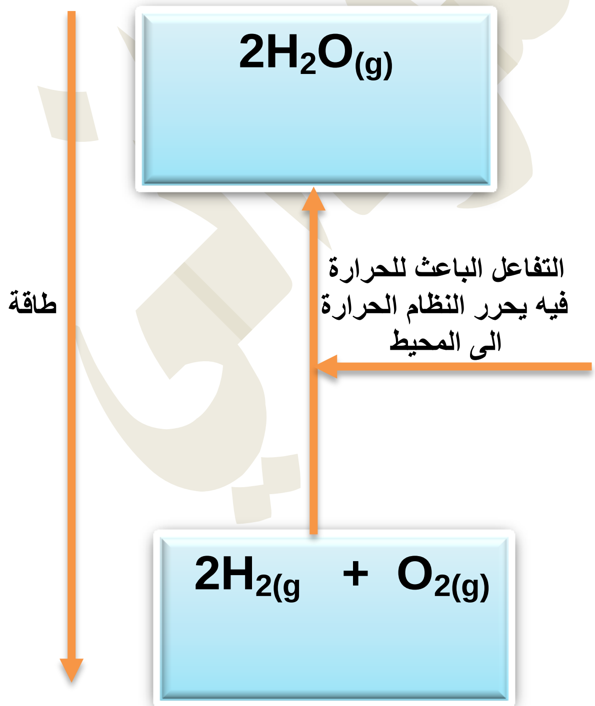
تغير فيزيائي $2H_2O_{(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)} + Energy$

اما **التفاعل الماص للحرارة (فيه يمتص النظام الطاقة الحرارية من المحيط)** كما في ادناه

تفاعل كيميائي $2HgO_{(s)} + Energy \longrightarrow 2Hg_{(l)} + O_{2(g)}$

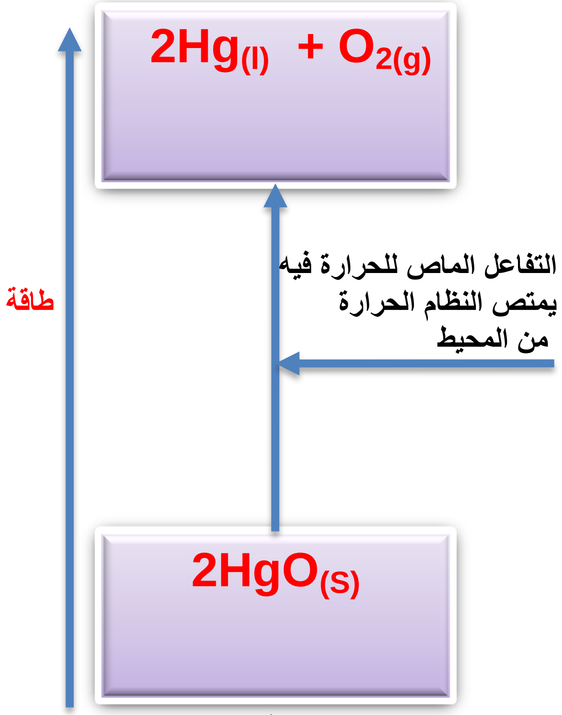
تغير فيزيائي $2H_2O_{(s)} + Energy \longrightarrow 2H_2O_{(l)}$

عندما تكتب كلمة الطاقة Energy في جهة المتفاعلات فالتفاعل ماص للحرارة إما اذا كتبت في جهة النواتج فالتفاعل باعث للحرارة.



$\Delta H < 0$

$\Delta H = -$

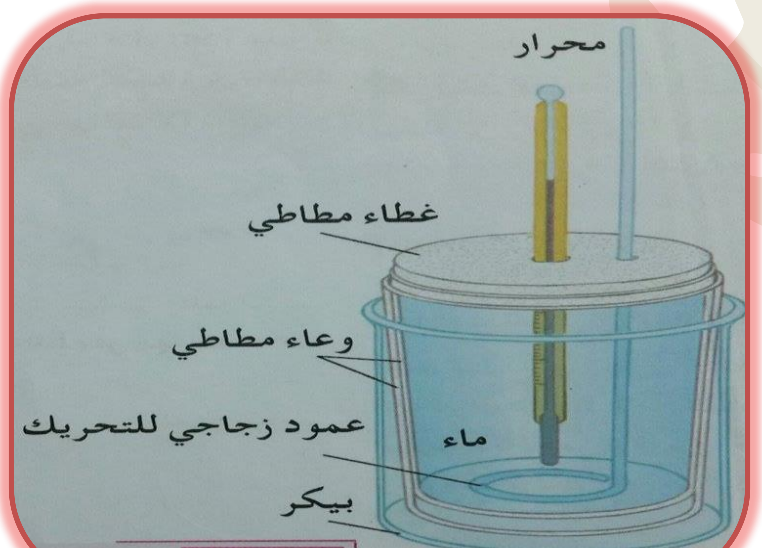


$\Delta H > 0$

$\Delta H = +$

1-9 قياس انثالبي التفاعل

يستخدم لقياس حرارة التفاعل (انثالبي التفاعل) الممتصة او المتحررة في الـتفاعل الكيميائي عند ثبوت الضغط جهاز يسمى **المسعر** توضع فيه كميات مـعروفة من المواد المتفاعلة **يتكون المسعر من وعاء للتفاعل مغمور في كمية معينة من المـاء(معروفة الكتلة) موجودة في وعاء معزول عزلا جيدا** بما ان الحرارة المتحررة من التفاعل ترفع درجة حرارة الماء والمسعر لذا يمكن قياس كميتها من الزيـادة في درجة الحرارة اذا كانت السعة الحرارية للمسعر ومحتوياته معروفة



الشكل 1–2

ملاحظات مهمة قبل الدخول الى مسائل الرياضية الخاصة بالمسعر الحراري .

الملخص السريع

١- ايجاد ΔT.

٢- تطبيق قانون كمية الحرارة q حسب المعطيات وتحويل بالقيمة السالبة.

٣- ايجاد عدد مولات المادة الداخلة في المسعر.

٤- ايجاد q بوحدة J/mol بتقسيم كمية الحرارة على عدد المولات المستخرجة.

٥- تحويلها بوحدة KJ/mol بالقسمة على 1000J/KJ.

٦- اذا طلب لاكثر من مول نضرب الناتج النهائي في عدد المولات المطلوبة.

١ـ المادة التي تدخل في المسعر الحراري يجب ان تكون معلومة عدد المولات او معلومة الكتلة او الكتلة المولية لنستخرج عدد المولات .

٢ـ **ايجاد كمية الحرارة باستخدام العلاقة التالية اذا كانت السعة الحرارية للمسعر مهملة**

$$q(J) = \varsigma\,(J/g.C) \times m(g) \times \Delta T\,(C)$$

واذا السعة الحرارية معطاة بالسؤال من العلاقة التالية $q\,(J) = C\,.\,\Delta T$

وعلية يجب ان يعطى بالسؤال كتلة الماء والحرارة النوعية للماء ودرجة حرارة ابتدائية ونهائية.

٣ـ **اذا طلب كمية الحرارة المتحررة لا بد ان تكون كمية الحرارة q قيمة سالبة حتى وان ظهرت موجبة نحولها سالبة بوضع قيمة سالبة أمامها.**

٤ـ **و لأنه سيطلب في معظم الأسئلة كمية الحرارة الناتجة من احتراق مول واحد نطبق العلاقة**

$$q = \frac{\text{كمية الحرارة}}{\text{عدد المولات}}$$

٥ـ **طالما ان الحرارة الناتجة تم قياسها في المسعر المفتوح بثبوت الضغط فأنها تمثل انثالبي التفاعل** ΔH.

٦ـ **ولتحويل الانثالبي من وحدة J/mole الى KJ/mole نضرب القيمة** X $\frac{1(kJ)}{1000J}$.

مثال (2-1) باستخدام المسعر الحراري وضعت 3g من مركب الكلوكوز كتلته المولية □ (180g/mole) في وعاء العينة وضع هذا الوعاء داخل الوعاء المعزول الذي ملئ بكمية 1200 g من الماء (الحرارة النوعية للماء 4.2 J/g.C°) وكانت درجة الحرارة الابتدائية = 21.0C° احرق بعد ذلك المزيج وعند قياس درجة الحرارة وجد ان درجة حرارة المسعر 25.5C° احسب كمية الحرارة المتحررة بوحدة KJ نتيجة احتراق 1mole من الكلوكوز. علما ان السعة الحرارية للمسعر مهملة. □

الجواب / نحسب اولا التغيير في درجات الحرارة□

$$\Delta T = T_f - T_i = 25.5 - 21.0 = 4.5\ C°$$

$$q(J) = ς(J/g.C) \times m(g) \times \Delta T(C)$$

$$q(J) = 4.2(J/g.C) \times 1200(g) \times 4.5(C) = 22680\ J$$

ولأننا نريد حساب كمية الحرارة المتحررة لابد ان تكون القيمة سالبة اي = (- 22680 J).

نجد عدد مولات الكلوكوز كوننا نحتاج احتراق الحرارة لمول واحد منه □

$$n(mol) = \frac{m(g)}{M(\frac{g}{mol})} = \frac{3g}{180\ g/mol} = \frac{1g}{60\ g/mol} = 0.0166mol$$

وعليه الحرارة المتحررة من احتراق 1mol من الكلوكوز =□

$$q = \frac{-22680\ J}{0.0166\ mol} = -1360800\ J/mol = \Delta H$$ لأنها تم قياسها في المسعر بثبوت الضغط

$$\Delta H(kJ/mol) = -1360800\ J/mol \times \frac{1(kJ)}{1000J} = -1360.8kJ/mol$$

تمرين (2-1) اذا تم حرق 3g من مركب الهيدرازين (N_2H_4) كتلته المولية (32g/mole) في مسعر مفتوح يحتوي 1000 g من الماء الحرارة النوعية للماء(4.2 J/g.C°)فان درجة الحرارة ترتفع من 24.6C الى 28.2C° احسب كمية الحرارة المتحررة بوحدة KJ نتيجة احتراق 1mol من الهيدرازين. علما ان السعة الحرارية للمسعر مهملة.□

الجواب / نحسب التغير في درجات الحرارة . $\Delta T = T_f - T_i = 28.2 - 24.6 = 3.6\ C°$

$$q(J) = ς(J/g.C) \times m(g) \times \Delta T(C)$$

$$q(J) = 4.2(J/g.C) \times 1000(g) \times 3.6(C) = 15120\ J$$

ولأننا نريد حساب كمية الحرارة المتحررة لابد ان تكون القيمة سالبة اي = (- 15120 J).

نجد عدد مولات الهيدرازين كوننا نحتاج احتراق الحرارة لمول واحد منه □

$$n(mol) = \frac{m(g)}{M(\frac{g}{mol})} = \frac{3g}{32\ g/mol} = 0.094\ mol$$

وعليه الحرارة المتحررة من احتراق 1mol من الهيدرازين =□

$$q = \frac{-15120\ J}{0.094\ mol} = -160851\ J/mol = \Delta H$$ لأنها تم قياسها في المسعر بثبوت الضغط

$$\Delta H(kJ/mol) = -160851\ J/mol \times \frac{1(kJ)}{1000J} = -160.85\ kJ/mol$$

السؤال (17-1) من اسئلة الفصل اذا تم حرق عينة كتلتها 1.5 g من حامض الخليك كتلته المولية (60g/mol) في مسعر يحتوي 750 g من الماء (الحرارة النوعية للماء 4.2 J/g.C°) فاذا ارتفعت درجة حرارة المسعر ومحتوياته من 24C° الى 28C° احسب كمية الحرارة التي تنبعث نتيجة احتراق مول واحد من الحامض علما ان السعة الحرارية للمسعر مهملة؟((واجب)

الجواب/ الناتج / 504000J/mol

السؤال (16-1) من اسئلة الفصل عند حدوث تفاعل كيميائي في مسعر سعته الحرارية الكلية تساوي 2.4 kJ/°C فان درجة حرارة المسعر ترتفع بمقدار 0.12C° ، احسب التغير في الانثالبي لذلك التفاعل بوحدة J.

الحل / التغير في الانثالبي = الحرارة المقاسة في المسعر الحراري سلطان

$$\Delta H = q_p = C\ .\ \Delta T$$

$$= 2.4\ kJ/°C \times 0.12C° = 0.288\ kJ = -0.288kJ$$

$$\Delta H_{(J)} = -0.288kJ \times 1000J/kJ = -288J$$

ملاحظة١:-استخدمنا هذه العلاقة $q_p = C\ .\ \Delta T$ لانه أعطى في السؤال السعة الحرارية للمسعر ولم يعطي كتلة او حرارة نوعية

ملاحظة٢:- كلمة ترتفع بمقدار يعني انه اعطى ΔT مباشرة وبالقيمة الموجبة (اما اذا قال انخفضت بمقدار ايΔT بالقيمة السالبة)

ملاحظة:- هنا اراد فقط التغير في الانثالبي وليس كمية حرارة محترقة من مول واحد من المادة.

1-10 المعادلة الكيميائية الحرارية

هي المعادلة التي تعبر عن التفاعلات الكيميائية والتغييرات الفيزيائية وهي تختلف عن كتابة المعادلات الكيميائية الأخرى.

س/ ما هي الأمور التي يجب أن توضحها المعادلة الكيميائية الحرارية؟

١- اشارة التغير في الانثالبي المصاحبة للتفاعل الكيميائي او التغير الفيزيائي اي ان تكون ذات اشارة موجبة او سالبة فالإشارة الموجبة تعني ان التفاعل ماص للحرارة كما في معادلة انصهار الجليد.

$$2H_2O_{(s)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)} \qquad \Delta H = 6KJ/mol$$

وهذا يعني انه تم امتصاص حرارة مقدارها 6KJ/mol عند درجة حرارة 25C° ضغط 1atm

ويمكن كتابة الحرارة الممتصة في المعادلة الحرارية بوضعها في المعادلة الحرارية نفسها مع المتفاعلات

$$2H_2O_{(s)} + \Delta H = 6KJ/mol \longrightarrow 2H_2O_{(l)}$$

اما الإشارة السالبة تعني ان التفاعل باعث للحرارة كما في التفاعل الاتي

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \qquad \Delta H = -890KJ/mol$$

وهذا يعني انه تم تحرر (انبعاث) حرارة مقدارها 890 KJ/mol عند درجة حرارة 25C° ضغط 1atm

ويمكن كتابة الحرارة المنبعثة في المعادلة الحرارية بوضعها في المعادلة الحرارية نفسها مع النواتج

$$CH_{4\,(g)} + 2O_{2\,(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} + 890KJ/mol$$

٢- يجب ذكر الحالة الفيزيائية للمواد الداخلة في التفاعل (علل) ((بسبب ان كمية الحرارة الممتصة او المتحررة تتغير بتغير الحالة الفيزيائية للمادة)) والمثال ادناه يوضح ذلك

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H = -286\ kJ/mol$$

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(g)} \qquad \Delta H = -242\ kJ/mol$$

٣- اذا تم عكس العملية فإشارة الانثالبي تتغير من الموجب الى السالب وبالعكس.

$$H_2O_{(s)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H = 6\ kJ/mol$$

$$H_2O_{(l)} \longrightarrow H_2O_{(s)} \qquad \Delta H = -6\ kJ/mol$$

٤- عند ضرب او قسمة طرفي المعادلة بمعامل عددي معين يجب ان تجري نفس العملية على قيمة الانثالبي.

$$H_2O_{(s)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H = 6\ kJ/mol$$

$$2H_2O_{(s)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)} \qquad \Delta H = 2 \times 6\ kJ/mol = 12kJ/mol$$

1-11 انثالبي التفاعل القياسية

عندما يتم قياس قيمة الانثالبي عند ظروف قياسية والتي هي درجة الحرارة 25C° (298K) وضغط 1atm تسمى القيمة القياسية الانثالبي القياسية ويرمز لها بالرمز ΔH°_r.

السؤال (1-18) من أسئلة الفصل / ماذا تعني ظروف التفاعل القياسية في الكيمياء الحرارية وما هي أوجه الاختلاف عن الظروف القياسية (STP) التي تستخدم في الغازات؟

الجواب / الظروف القياسية في الكيمياء الحرارية هي درجة الحرارة 25C° (298K) وضغط 1atm.

الظروف القياسية في الغـــــــازات هي درجة الحرارة 0 C° (273K) وضغط 1atm.

1-12 أنواع الانثالبيات

انثالبي التكوين القياسية ΔH°_f | انثالبي الاحتراق القياسية ΔH°_c | انثالبي التغييرات الفيزيائية (تبخر ΔH، تكثيف ΔH، انصهار ΔH، انجماد ΔH)

١- **انثالبي التكوين القياسية ΔH°_f** :- هي الحرارة اللازمة لتكوين مول واحد من اي مركب من عناصره الاساسية المتواجدة باثبت صورها في الظروف القياسية (25C° وضغط 1atm).

- نعني بالعناصر باثبت صورها اي حالتها القياسية فالهيدروجين تكون حالته الغازية هي الاثبت والزئبق السائل والمغنسيوم الصلب هي الصور الاثبت لانها تمثل الحالات الموجودة تحت الظروف القياسية
- الكاربون له اكثر من صورة مثل الكرافيت (graphite) والماس (diamond) ولكن الكرافيت هي الاثبت.
- الكبريت له اكثر من صورة مثل المعيني (rhomloic) والموشوري (ortherhomloic) ولكن المعيني هي الاثبت.
- تم الاتفاق دوليا ان قيمة ΔH_f° لجميع العناصر في حالتها القياسية = صفر .وعليه اضافة الى العناصر التي مرت الكلور Cl_2 والفلور F_2 والأوكسجين O_2 والنتروجين N_2 والبروم Br_2 واليود الصلب I_2 قيمة ΔH_f° لها = صفر.

امثلة لبعض التفاعلات توضح تكوين المواد من اثبت صورها

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_f^\circ(H_2O) = -286\ kJ/mol$$

$$\frac{3}{2}H_{2(g)} + 2O_{2(g)} + \frac{1}{4} P_{4(s)} \longrightarrow H_3PO_{4(s)} \qquad \Delta H_f^\circ(H_3PO_4) = -128\ kJ/mol$$

$$Mg_{(s)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow MgCl_{2(s)} \qquad \Delta H_f^\circ(MgCl_2) = -642\ kJ/mol$$

$$C_{(graphite)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta H_f^\circ(CO_2) = -394\ kJ/mol$$

علل / ظهور كسور في المعادلة الحرارية؟

ج / بسبب كتابة المعادلة التي تمثل تكوين مول واحد من المركب المراد تكوينه لذا نلجأ لتغيير عدد مولات المواد المتفاعلة.

- (((مهم جدا))) ان $\Delta H_f^\circ = \Delta H_r^\circ$ حينما يتكون مول واحد من المادة ومن عناصرها الأساسية. ولكن حينما يكون المتكون اكثر من مول فان ΔH_r° لا تساوي ΔH_f°

لاحظ المثال التالي

$$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \longrightarrow 2HBr_{(g)} \qquad \Delta H_r^\circ = -72KJ$$

عند النظر الى المعادلة نجد ان مولين من HBr قد تكون نتيجة هذا التفاعل لذا فأن نصف الحرارة اي 36 - يجب ان تبعث عند تكوين مول واحد من HBr وهذا تم استنتاجه بعد قسمة المعادلة على 2 وعليه في حال تكوين اكثر من مول وجدت علاقة بين ΔH_r° و ΔH_f° وهي كالاتي

$$\Delta H_f^\circ = \frac{\Delta H_r^\circ}{n} \Longrightarrow \Delta H_r^\circ = \Delta H_f^\circ \times n$$

مثال (1-3) اذا علمت ان انثالبي التكوين القياسية للبنزين C_6H_6 = 49KJ/mol اكتب المعادلة الكيميائية الحرارية بحيث تكون $\Delta H_r°$ مساوية الى $\Delta H_f°(C_6H_6)$ □

الحل/ ليتساوي $\Delta H_r°$ مع $\Delta H_f°$ لابد من تكون مول واحد من البنزين من عناصره الأساسية وبالظروف القياسية 25C° وضغط 1atm. □

$$6C_{(graphite)} + 3H_{2(g)} \longrightarrow C_6H_{6(l)} \quad \Delta H_r° = \Delta H_f° = 49KJ/mol$$

تمرين (1-3) اذا علمت ان انثالبي التكوين القياسية لحامض الكبريتيك (H_2SO_4) =-811KJ/mol اكتب المعادلة الكيميائية الحرارية للتفاعل بحيث تكون $\Delta H_r°$ مساوية الى $\Delta H_f°(H_2SO_4)$ □

الحل/ ليتساوي $\Delta H_r°$ مع $\Delta H_f°$ لابد من تكون مول واحد من حامض الكبريتيك من عناصره الأساسية وبالظروف القياسية 25C° وضغط 1atm. □

$$H_{2(g)} + S_{rhomloic} + 2O_{2(g)} \longrightarrow H_2SO_{4(l)} \quad \Delta H_r° = \Delta H_f° = -811KJ/mol$$

مثال (1-4) اي من التفاعلات التالية تساوي قيمة الانثالبي التفاعل القياسية $\Delta H_r°$ لها قيمة انثالبي التكوين القياسية $\Delta H_f°$ للمركبات المتكونة؟ □

1) $4Fe_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Fe_2O_{3(s)} \quad \Delta H_r° = 1625kJ$

2) $C_{(graphite)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H_r° = -394\ kJ$

3) $CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H_r° = 283\ kJ$

التفاعل (1) $\Delta H_r°$ لا تساوي $\Delta H_f°$ لان الناتج هو 2 مول ويجب ان يكون الناتج 1 مول.

التفاعل (2) $\Delta H_r°$ تساوي $\Delta H_f°$ لتوفر الشروط وهما تكوين مول واحد من CO_2 من عناصره الأساسية. □

التفاعل (3) $\Delta H_r°$ لا تساوي $\Delta H_f°$ لان CO مركب وليس عنصر باثبت صوره. □

تمرين (1-4) احسب انثالبي التفاعل القياسية للتفاعل التالي اذا علمت ان انثالبي التكوين القياسية ل $\Delta H_f°$ (HF) = -271KJ/mol

$$H_{2(g)} + F_{2(g)} \longrightarrow 2HF_{(g)}$$

الحل/ ان انثالبي التكوين القياسية هي الحرارة المنبعثة من تكوين مول واحد ولكون المعادلة تشمل تكوين 2 مول من HF لذا يجب ضرب قيمة (HF) $\Delta H_f°$ في 2 لنحصل على قيمة $\Delta H_r°$ □

$$\Delta H_r° = 2mol \times \Delta H_f° = 2mol \times -271\ KJ/mol = -542\ KJ$$

تمرين (1-5) احسب انثالبي التفاعل القياسية $\Delta H_r°$ للتفاعل التالي □

$$4Al_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Al_2O_{3(s)}$$

اذا علمت ان انثالبي التكوين القياسية ل $\Delta H_f°$ (Al_2O_3) = -1670 KJ/mol □

الحل/ ان انثالبي التكوين القياسية هي الحرارة المنبعثة من تكوين مول واحد ولكون المعادلة تشمل تكوين 2 مول من Al_2O_3 لذا يجب ضرب قيمة (Al_2O_3) $\Delta H_f°$ في 2 لنحصل على قيمة $\Delta H_r°$ □

$$\Delta H_r° = 2mol \times \Delta H_f° = 2mol \times -1670\ KJ/mol = -3340\ KJ$$

٢ـ **انثالبي الاحتراق القياسية** $\Delta H°_c$:ـ **هي الحرارة المتحررة من حرق مول واحد من اي مركب حرقا تاما في الأوكسجين في الظروف القياسية (25C° وضغط 1atm) ويرمز لها $\Delta H°_c$.**

إن تفاعلات الاحتراق تشمل تفاعل المواد (الوقود) مع الاوكسجين فمثلا في النظام البايلوجي حيث الغذاء هو الوقود وعند حرقه داخل الجسم تتحول المواد الكربوهيدراتية الى سكر الكلوكوز لتزويد الجسم بالطاقة.

ان احد طرق تدفئة المنازل او طبخ الطعام هي حرق غاز البيوتان حيث ان حرق مول واحد منه يحرر طاقة مقدارها 2873 KJ- من الطاقة حسب المعادلة التالية .

$$C_4H_{10(g)} + \frac{13}{2} O_{2(g)} \longrightarrow 4CO_{2(g)} + 5H_2O_{(l)} \quad \Delta H°_r = -2873 kJ/mol$$

او ان معظم السيارات تسير نتيجة لحرق الكازولين في محركاتها كما في المعادلة التالية

$$C_8H_{18(l)} + \frac{25}{2} O_{2(g)} \longrightarrow 8CO_{2(g)} + 9H_2O_{(l)} \quad \Delta H°_r = -5471 kJ/mol$$

ان حرق نواتج العناصر مع الأوكسجين يؤدي الى تكوين **اكاسيدها**

أما حرق المواد العضوية يؤدي دائما غاز ثنائي اوكسيد الكاربون والماء السائل . لاحظ الامثلة ادناه ولضبط موازنة المعادلة الكيميائية لحرق المواد العضوية نتبع القاعدة التالية .

$$C_xH_{y(\ )} + O_{2(g)} \longrightarrow XCO_{2(g)} + \frac{y}{2} H_2O_{(l)}$$

لحساب الأوكسجين نتبع ما يلي:

١ اذا كان المركب العضوي المحترق لا يحوي اوكسجين نحسب عدد ذرات الاوكسجين في طرف النواتج ونقسم الناتج على 2 لاحظ المعادلتين ادناه.

$$C_5H_{12(l)} + 8O_{2(g)} \longrightarrow 5CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$$

$$C_7H_{14(l)} + \frac{21}{2} O_{2(g)} \longrightarrow 7CO_{2(g)} + 7H_2O_{(l)}$$

٢- اذا كان المركب العضوي يحوي اوكسجين نحسب عدد ذرات الاوكسجين في طرف النواتج ونطرح منه عدد ذرات الاوكسجين الموجودة في المركب العضوي ونقسم ما تبقى من الناتج على 2 لاحظ المعادلتين ادناه.

$$C_4H_9OH_{(l)} + 6O_{2(g)} \longrightarrow 4CO_{2(g)} + 5H_2O_{(l)}$$

$$CH_3COOH_{(l)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

س/ ما هي شروط تساوي انثالبي الاحتراق القياسية مع انثالبي التفاعل القياسية؟

ج/ إن الشرط الأساسي لتساوي انثالبي التفاعل القياسية $\Delta H°_r$ مع انثالبي الاحتراق القياسية $\Delta H°_c$ هي حرق مول واحد من المادة مع كمية وافرة من الأوكسجين لذا جميع التفاعلات أعلاه $\Delta H°_c = \Delta H°_r$ لأنها تمثل حرق مول واحد من المواد . ان جميع تفاعلات الاحتراق هي تفاعلات باعثة للحرارة.

مثال (5-1) اكتب المعادلة الكيميائية الحرارية لحرق الكحول الاثيلي السائل (C_2H_5OH) اذا علمت ان $\Delta H°_c$ = - 1367KJ/mol ؛□

الحل /

$$C_2H_5OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)} \quad \Delta H°_c = -1367kJ/mol$$

تمرين (6-1) اكتب تفاعل احتراق غاز البروبان (C_3H_8) علما ان $\Delta H°_c$ = -2219KJ/mol ؛□

الحل / □

$$C_3H_{8\,(g)} + 5O_{2(g)} \longrightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(l)} \quad \Delta H°_c = -2219kJ/mol$$

السؤال (20-1) من أسئلة الفصل احسب التغير في انثالبي التكوين القياسية (Al_2O_3) والتغير في انثالبي الاحتراق القياسية (Al) في التفاعل الأتي؛□

$$4Al_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Al_2O_3 \quad \Delta H°r = -3340kJ$$

□

لحساب $\Delta H°f\ (Al_2O_3)$ يجب ان يكون المتكون 1mol من Al_2O_3 من عناصر بأثبت صورها وعليه تقسم المعادلة على 2

$$2Al_{(s)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \longrightarrow Al_2O_3$$

$$\Delta H°f = \frac{\Delta H°r}{n} = \frac{-3340kJ}{2mol} = -1670\ kJ/mol$$

□

لحساب $\Delta H°c$ =(Al) يجب ان يتم حرق 1mol من Al وعليه يجب تقسيم المعادلة على 4

$$Al_{(s)} + \frac{3}{4}O_{2(g)} \longrightarrow \frac{1}{2}Al_2O_3$$

$$\Delta H°c = \frac{\Delta H°r}{n} = \frac{-3340kJ/mol}{4mol} = -835\ kJ/mol$$

مشوار الف ميل يبدأ بخطوة وها انت تبدا بأول خطوات حياتك المهمة
لا تقلق المشوار سهل اسهل مما تظن فقط ابتعد عن القلق
عن الخوف ستحقق ما تريد
اننا معك

٣- انثالبي التغيرات الفيزيائية. من حالات المادة

١- التبخر (Vaporization): التحول من الحالة السائلة الى الحالة الغازية.

انثالبي التبخر:- هي الحرارة اللازمة لتبخر مول واحد من اي مادة ويرمز لها $\Delta H_{(vap)}$

$$H_2O_{(l)} \xrightarrow{vap} H_2O_{(g)} \qquad \Delta H_{(vap)} = 44kJ/mol$$

٢- التكثيف (Condesation): التحول من الحالة الغازية الى الحالة السائلة.

انثالبي التكثيف:- هي الحرارة اللازمة لتكثيف مول واحد من اي مادة ويرمز لها $\Delta H_{(cond)}$

$$H_2O_{(g)} \xrightarrow{cond} H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_{(cond)} = -44kJ/mol$$

٣- الانصهار (Fusion): هي عملية التحول من الطور الصلب الى السائل

انثالبي الانصهار :- الحرارة اللازمة لانصهار مول واحد من اي مادة ويرمز لها $\Delta H_{(fus)}$

$$H_2O_{(s)} \xrightarrow{fus} H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_{(fus)} = 6kJ/mol$$

٤- التبلور (الانجماد) (Crystallization): التحول من الحالة السائلة الى الحالة الصلبة.

انثالبي الانجماد :- هي الحرارة اللازمة لانجماد مول واحد من اي مادة ويرمز لها $\Delta H_{(cryst)}$

$$H_2O_{(l)} \xrightarrow{cryst} H_2O_{(s)} \qquad \Delta H_{(cryst)} = -6kJ/mol$$

الخلاصة

انثالبي تبخر $\Delta H_{(vap)}$	انثالبي تكثيف $\Delta H_{(cond)}$	انثالبي انصهار $\Delta H_{(fus)}$	انثالبي تبلور $\Delta H_{(cryst)}$
$\Delta H_{(fus)} = -\Delta H_{(cryst)}$		$\Delta H_{(vap)} = -\Delta H_{(cond)}$	

مثال (1-6) اذا علمت ان انثالبي التبخر للامونيا تساوي 23kJ/mol احسب انثالبي التكثيف للامونيا ☐

الحل/ معادلة التبخر للامونيا

$$NH_{3(l)} \xrightarrow{vap.} NH_{3(g)} \qquad \Delta H_{vap} = 23kJ/mol$$

وبما ان عملية التكثيف هي عكس عملية التبخر اي ان ☐

$$NH_{3(g)} \xrightarrow{cond.} NH_{3(l)}$$

$$\Delta H_{cond} = -\Delta H_{vap} = -23kJ/mol$$

تمرين (1-7) اذا علمت ان انثالبي الانصهار لحامض الخليك الثلجي تساوي 5.11kJ/mol احسب انثالبي الانجماد لهذا الحامض ؟ الحل/ معادلة الانصهار لحامض الخليك الثلجي هي ☐

$$CH_3COOH_{(s)} \xrightarrow{fus} CH_3COOH_{(l)} \qquad \Delta H_{fus} = 5.11kJ/mol$$

وبما ان عملية الانجماد هي عكس عملية الانصهار اي ان ☐

$$CH_3COOH_{(l)} \xrightarrow{cryst} CH_3COOH_{(s)}$$

$$\Delta H_{cryst} = -\Delta H_{fus} = -5.11kJ/mol$$

1-13 طرائق حساب انثالبي التفاعل القياسية

١- طريقة استخدام قانون هيس

هناك مركبات كيميائية لا يمكن تصنيعها مباشرة من عناصرها وذلك لأسباب عديدة منها

١- التفاعل يسير ببطء شديد ٢- تكون مركبات جانبية غير مرغوبة

لذا يتم اللجوء الى قياس ΔH°_r لهذه التفاعلات بطريقة غير مباشرة. وتعتمد هذه الطريقة على

قانون هيس الذي ينص

((عند تحويل المتفاعلات الى نواتج فان التغير في انثالبي التفاعل هو نفسه سواء تم التفاعل في خطوة واحـــــــــدة او سلسلة من الخطوات))

مثال مهم لتوضيح قانون هيس
في التفاعل أدناه لا يمكن قياس الحرارة المنبعثة مباشرة عندما يتفاعل الكاربون (كرافيت) مع الاوكسجين ليكونا أحادي اوكسيد الكاربون. علل

$$C_{(graphite)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{(g)} \qquad \Delta H_r^\circ = ?$$

(((لأنه من المستحيل منع تكون غاز ثنائي اوكسيد الكاربون)))

لكن يمكن قياس الحرارة المنبعثة نتيجة احتراق الكاربون (كرافيت) احتراقا تاما ليعطي CO_2 وكذلك يمكن قياس الحرارة المنبعثة نتيجة احتراق غاز CO الى CO_2 حسب المعادلات

$$C_{(graphite)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta H_r^\circ = -393.5\ kJ/mol$$

$$CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta H_r^\circ = -283\ kJ/mol$$

لاحظ ما الذي سنفعله للحصول على المعادلة الأصلية من هاتين المعادلتين

١- ستنزل المعادلة الأولى كما هي.
٢- سنقوم بقلب المعادلة الثانية مع ملاحظة عكس الإشارة.
٣- سنقوم بجمع المعادلين مع الجمع الجبري لقيمة ΔH_r°.
لذلك قيمة ΔH_r° التي ستنتج هي القيمة للتفاعل المطلوب.

$$C_{(graphite)} + \cancel{O_{2(g)}}\ \tfrac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow \cancel{CO_{2(g)}} \qquad \Delta H_r^\circ = -393.5\ kJ/mol$$

$$\cancel{CO_{2(g)}} \longrightarrow CO_{(g)} + \cancel{\tfrac{1}{2}O_{2(g)}} \qquad \Delta H_r^\circ = 283\ kJ/mol$$

$$C_{(graphite)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{(g)} \qquad \Delta H_r^\circ = -110.5\ kJ/mol$$

ملاحظات للتذكير
١- عند قلب المعادلة نقلب اشارة قيمة الانثالبي.
٢- عند ضرب المعادلة في اي رقم نضرب قيمة الانثالبي في نفس الرقم.
٣- عند قسمة المعادلة على اي رقم نقسم قيمة الانثالبي على نفس الرقم
٤- عند قلب المعادلة وضربها في اي رقم تقلب الاشارة وتضرب قيمة الانثالبي بنفس الرقم وعند القلب والقسمة تقلب الاشارة وتقسم قيمة الانثالبي على نفس الرقم.

مثال (1-7) احسب انثالبي التكوين القياسية للمركب $CS_{2(l)}$ من عناصرها الأساسية بأثبت صورها.

$C_{(graphite)} + 2S_{(rhombic)} \longrightarrow CS_{2(l)} \quad \Delta H_f^\circ = ?\ \ kJ/mol$

اذا أعطيت المعادلات الحرارية الآتية.

1) $C_{(graphite)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H_r^\circ = -394\ kJ/mol$

2) $S_{(rhombic)} + O_{2(g)} \longrightarrow SO_{2(g)} \quad \Delta H_r^\circ = -296\ kJ/mol$

3) $CS_{2(l)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2SO_{2(g)} \quad \Delta H_r^\circ = -1072\ kJ/mol$

الحل / لو نظرنا الى المعادلة التي نريد ان نجد لها ΔH_f° $CS_{2(l)}$ نلاحظ ان CS_2 في جهة النواتج لذا يجب قلب معادلة 3 وكذلك نلاحظ ان عدد مولات S اثنان لذا يجب ضرب المعادلة 2 بالعدد 2 أما بالنسبة لمعادلة 1 تبقى كما هي وبالتالي تصبح المعادلات بالصورة التالية.

1) $C_{(graphite)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H_r^\circ = -394\ kJ/mol$

4) $2S_{(rhombic)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow 2SO_{2(g)} \quad \Delta H_r^\circ = -592\ kJ/mol$

5) $CO_{2(g)} + 2SO_{2(g)} \longrightarrow CS_{2(l)} + 3O_{2(g)} \quad \Delta H_r^\circ = 1072\ kJ/mol$

$C_{(graphite)} + 2S_{(rhombic)} \longrightarrow CS_{2(l)} \quad \Delta H_f^\circ = \Delta H_r^\circ \quad 86\ kJ/mol$

تمرين (1-8) احسب انثالبي التكوين القياسية للاستيلين $C_2H_{2(g)}$ من عناصرها الأساسية.

$2C_{(graphite)} + H_{2(g)} \longrightarrow C_2H_{2(g)} \quad \Delta H_f^\circ = \quad kJ/mol$

اذا أعطيت المعادلات الحرارية الآتية.

1) $C_{(graphite)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H_r^\circ = -394\ kJ/mol$

2) $H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \quad \Delta H_r^\circ = -286\ kJ/mol$

3) $2C_2H_{2(g)} + 5O_{2(g)} \longrightarrow 4CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \quad \Delta H_r^\circ = -2599\ kJ/mol$

الحل / لو نظرنا الى المعادلة التي نريد ان نجد لها $C_2H_{2(g)}$ ΔH_f° ان عدد مولات الكاربون 2 لذا نضرب معادلة 1 في 2 كما ان نلاحظ ان عدد مولات الاستيلين هي 1 وهو في جهة النواتج لذا نقلب معادلة 3 ونقسمها على 2 وتبقى معادلة 2 كما هي

4) $2C_{(graphite)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} \quad \Delta H_r^\circ = -788\ kJ/mol$

2) $H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \quad \Delta H_r^\circ = -286\ kJ/mol$

5) $2CO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow C_2H_{2(g)} + \frac{5}{2}O_{2(g)} \quad \Delta H_r^\circ = +1299.5\ kJ/mol$

$2C_{(graphite)} + H_{2(g)} \longrightarrow C_2H_{2(g)} \quad \Delta H_f^\circ = \Delta H_r^\circ \quad +225.5\ kJ/mol$

السؤال (1-21) من أسئلة الفصل / اكتب نص قانون هيس وفسر فائدته في الكيمياء الحرارية ومن المعادلات الحرارية التالية عند حرارة 25C° وضغط 1atm

1) $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow 2HCl_{(g)}$ $\Delta H_r° = -185$ kJ

2) $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)}$ $\Delta H_r° = -484$ k J

احسب $\Delta H_r°$ للتفاعل الاتي $4HCL_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2Cl_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$

الحـــــل / قانون هيس ينص

((عند تحويل المتفاعلات الى نواتج فان التغير في انثالبي التفاعل هو نفسه سواء تم التفاعل في خطوة واحـــــدة او سلسلة من الخطوات)) **فائدته** تكمن في أمكانية قياس انثالبي التفاعلات التي لا يمكن قياسها بشكل مباشر لكون حدوثها غير ممكن لبطئها او لتكون نواتج جانبية.

ولإيجاد $\Delta H_r°$ للتفاعل الاتي $4HCl_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2Cl_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$

نقلب المعادلة1 ونضربها في 2 اما معادلة 2 تبقى كما هي.

3) $4HCl_{(g)} \longrightarrow 2H_{2(g)} + 2Cl_{2(g)}$ $\Delta H_r° = +370$ kJ

2) $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)}$ $\Delta H_r° = -484$ Kj

---

$4HCl_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2Cl_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$ $\Delta H_r° = -114$ kJ

السؤال (1-22) من أسئلة الفصل / واجب

اذا اعطيت المعادلات الحرارية الآتية عند الظروف القياسية

1) $\frac{1}{2}N_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow NO_{2(g)}$ $\Delta H_r° = 33$ kJ

2) $N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow N_2O_{4(g)}$ $\Delta H_r° = 11$ kJ

احسب $\Delta Hr°$ للتفاعل الأتي :-

$2NO_{2(g)} \longrightarrow N_2O_{4(g)}$ $\Delta H_r ?$ k J

الحـــــــل/ واجب سيكون الناتج -55KJ

السؤال (23-1) من أسئلة الفصل / اذا اعطيت المعادلات الحرارية الآتية عند الظروف القياسية

1) $FeO_{(s)} + H_{2(g)} \longrightarrow Fe_{(s)} + H_2O_{(g)}$ $\Delta H_r° = 25$ kJ

2) $3FeO_{(s)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow Fe_3O_{4(s)}$ $\Delta H_r° = -318$ kJ

3) $H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(g)}$ $\Delta H_r° = -242$ kJ

احسب $\Delta Hr°$ للتفاعل الآتي :-

$3Fe_{(s)} + 4H_2O_{(g)} \longrightarrow Fe_3O_{4(s)} + 4H_{2(g)}$ $\Delta H_r° = ?$ kJ

الحل / نقلب المعادلة الاولى ونضربها × 3 وتبقى المعادلة الثانية كما هي ونقلب المعادلة الثالثة.

4) $3Fe_{(s)} + 3H_2O_{(g)} \longrightarrow 3FeO_{(s)} + 3H_{2(g)}$ $\Delta H_r° = -75$ kJ

2) $3FeO_{(s)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow Fe_3O_{4(s)}$ $\Delta H_r° = -318$ kJ

5) $H_2O_{(g)} \longrightarrow H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)}$ $\Delta H_r° = +242$ kJ

$3Fe_{(s)} + 4H_2O_{(g)} \longrightarrow Fe_3O_{4(s)} + 4H_{2(g)}$ $\Delta H_r° = -151$ kJ

سؤال (35-1) اذا علمت ان انثالبي احتراق كل من غاز CO , H_2 وCH_3OH بوحدات kJ/mol هي على التوالي (-727, -286, - 284) احسب $\Delta H°_r$ باستخدام قانون هيس للتفاعل الاتي

$CO + 2H_2 \longrightarrow CH_3OH$

الحـــــــــل / نكتب معادلات الاحتراق لكل من CO و H_2 و CH_3OH

$CO + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CO_2$ $\Delta H°r = -284$ KJ/mol

$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O$ $\Delta H°r = -286$ KJ/mol

$CH_3OH + \frac{3}{2}O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$ $\Delta H°r = -727$ KJ/mol

وللحصول على المعادلة الاصلية تبقى المعادلة الاولى كما هي ونضرب الثانية في 2 ونقلب الثالثة

$CO + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CO_2$ $\Delta H°r = -284$ KJ/mol

$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$ $\Delta H°r = -572$ KJ/mol

$CO_2 + 2H_2O \longrightarrow CH_3OH + \frac{3}{2}O_2$ $\Delta H°r = +727$ KJ/mol

---

$CO + 2H_2 \longrightarrow CH_3OH$ $\Delta H°r = -129$ KJ/mol

٢- طريقة استخدام قيم انثالبي التكوين القياسية

يمكن استخدام قيم ΔH_f° لحساب ΔH_r° باستخدام العلاقة التالية

$$\Delta H_r^\circ = \sum n\Delta H_f^\circ (Products) - \sum n\Delta H_f^\circ (Reactants)$$

حيث n عدد مولات المتفاعلات (Reactants) والنواتج (Products) و$\sum$ تعني مجموع.
للتوضيح أكثر لنأخذ التفاعل الحراري الآتي

$$aA + bB \longrightarrow gG + hH$$

يمكن حساب ΔH_r° للتفاعل أعلاه بالصورة التالية

$$\Delta H_r^\circ = [g\Delta H_f^\circ (G) + h\Delta H_f^\circ (H)] - [a\Delta H_f^\circ (A) + b\Delta H_f^\circ (B)]$$

ملاحظات مهمة قبل الدخول الى حل مسائل استخدام قيم انثالبي التكوين القياسية.

١- لابد من التذكير ان هناك عناصر بأثبت صورها ΔH_f° لها = صفر.
مثل $H_{2(g)}$ و $O_{2(g)}$ و $N_{2(g)}$ و $Br_{2(l)}$ و $I_{2(s)}$ و $Cl_{2(g)}$ و $F_{2(g)}$ و $Al_{(s)}$ .... الخ.

٢- أفضل طريقة لحل المسألة رياضيا هي ان ننهي ناتج كل طرف بدقة ثم نقوم بعملية طرح الطرف الاول من الثاني.

٣- ربما يعطي ΔH_r° للتفاعل ويعطي ΔH_f° لإطراف المعادلة مع إبقاء عنصر او مادة مجهولة الـ ΔH_f°.

٤- اذا كان الطرف الثاني ناتجه سالب فتصبح العملية الطرف الاول + الطرف الثاني كما موضح
[الطرف الثاني] + [الطرف الاول] = [الطرف الثاني] – [الطرف الاول]

مثال (1-8) يجري تفاعل الثرميت وفق المعادلة التالية.

$$2Al_{(s)} + Fe_2O_{3(s)} \longrightarrow Al_2O_{3(s)} + 2Fe_{(l)} \quad kJ=?$$

احسب انثالبي التفاعل القياسية لهذا التفاعل اذا علمت ان

$\Delta H_f^\circ\ Fe_2O_{3(s)} = -822\ kJ/mol$, $\Delta H_f^\circ\ Al_2O_{3(s)} = -1670\ kJ/mol$ $\Delta H_f^\circ\ Fe_{(l)} = 12\ kJ/mol$

الحل

$$\Delta H_r^\circ = \sum n\Delta H_f^\circ (P) - \sum n\Delta H_f^\circ (R)$$

$$\Delta H_r^\circ = [\Delta H_f^\circ (Al_2O_{3(s)}) + 2\Delta H_f^\circ (Fe_{(l)})] - [2\Delta H_f^\circ (Al_{(s)}) + \Delta H_f^\circ (Fe_2O_{3(s)})]$$

$$\Delta H_r^\circ = [(-1670) + (2X12)] - [(2 \times 0) + (-822)]$$

$$\Delta H_r^\circ = (-1646) - (-822) = -824\ kJ$$

تمرين (1-9) يحترق البنزين (C_6H_6) في الهواء ليعطي غاز CO_2 والماء السائل أحسب ΔH_r° لهذا التفاعل اذا علمت

$\Delta H_f^\circ(C_6H_{6(l)}) = 49\ kJ/mol$, $\Delta H_f^\circ\ CO_{2\,(g)} = -394\ kJ/mol$, $\Delta H_f^\circ(H_2O_{(l)}) = -286 kJ/mol$

الحل / معادلة احتراق البنزين السائل هي.

$$C_6H_{6(l)} + \frac{15}{2} O_{2(g)} \longrightarrow 6CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$$

$$\Delta H_r^\circ = \sum n\Delta H_f^\circ (P) - \sum n\Delta H_f^\circ (R)$$

$$\Delta H_r^\circ = [6\Delta H_f^\circ\ CO_{2(g)} + 3\Delta H_f\ H_2O_{(l)}] - [\Delta H_f^\circ\ C_6H_{6(l)} + \frac{15}{2}\Delta H_f^\circ (O_{2(g)})]$$

$$\Delta H_r^\circ = [6(-394) + 3(-286)] - [(49) + (15/2 \times 0)]$$

$$\Delta H_r^\circ = (-3222) - (49) = -3271\ kJ/mol$$

سؤال 26-1 من أسئلة الفصل/ احسب انثالبي التكوين القياسية للمركب $HPO_{3(l)}$.

$$P_4O_{10(s)} + 4HNO_{3(l)} \longrightarrow 4HPO_{3(l)} + 2N_2O_{5(g)} \quad \Delta H_r° = -180kJ$$

$\Delta H_f°(P_4O_{10(s)}) = -2984\ kJ/mol$, $\Delta H_f°(HNO_{3(l)}) = -174\ kJ/mol$, $\Delta H_f°(N_2O_{5(l)}) = -43k\ J/mol$

الحـــــــــل/

$$\Delta H_r° = \sum n\Delta H_f°_{(P)} - \sum n\Delta H_f°_{(R)}$$

$$\Delta H_r° = [4\Delta H_f°\ HPO_{3(l)} + 2\Delta H_f\ N_2O5_{(g)}] - [\Delta H_f°\ P_4O_{10(s)} + 4\Delta H_f°HNO_{3(l)}]$$

$$-180 = [4X + (2 \times -43) - (-(2984) + (4 \times -174)]$$

$$-180 = [4X + (-86) - (-3680)$$

$$-4X = 3594 + 180$$

$$X = \frac{3774}{-4} = -943.5\ kJ/mol = \Delta H_f°\ HPO_{3(l)}$$

سؤال (19-1) في مسعر حراري وضع 2.6g من الاستيلين C_2H_2 (M=26g/mol) فوجد ان كمية الحرارة المنبعثة من الاحتراق = 130 kJ احسب انثالبي التكوين القياسية للاستيلين اذا علمت.

$\Delta H°_f(H_2O) = -286\ kJ/mol$ $\Delta H°_f(CO_2) = -393.5\ kJ/mol$

الحـــــــل/ نجد اولا قيمة كمية الحرارة المنبعثة من مول واحد من الاستيلين داخل المسعر والتي = $\Delta H°r$

$$n(mol) = \frac{m(g)}{M(\frac{g}{mol})} = \frac{2.6g}{26\ g/mol} = 0.1\ mol$$

وعليه الحرارة المتحررة من احتراق 1mol من الاستيلين =

$$q_{(kJ/mol)} = \frac{-130\ kJ}{0.1\ mol} = -1300kJ/mol = \Delta Hr°$$ لأنها تم قياسها في المسعر بثبوت الضغط

نكتب الان معادلة احتراق الاستيلين

$$C_2H_{2(g)} + \frac{5}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

$$\Delta H_r° = \sum n\Delta H_f°(P) - \sum n\Delta H_f°(R)$$

$$\Delta H_r° = [(2\Delta H_f°CO_2) + (\Delta H_f°\ H_2O)] - [(X) + (\frac{5}{2}\Delta H_f°O_2)]$$

$$-1300 = [(2 \times -393.5) + (-286)] - [(X) + (0)]$$

$$X = -787 - 286 + 1300 = -1073 + 1300 = 227\ kJ/mol = \Delta H_f°_{C2H2}$$

ملاحظات عن هذا السؤال :-

١- مطلوب السؤال يريد انثالبي التكوين القياسية للاستيلين وهذا يستخرج بطريقتين الاولى اما عن طريق تعريف انثالبي التكوين القياسية وهذا صعب لان المعادلة ليست من عناصر اولية والمتكون اكثر من مول .
او عن طريق استخدام قيم انثالبي التكوين القياسية بالاعتماد على انثالبي التفاعل القياسية وهذا يتطلب امرين
اولا :- ايجاد انثالبي التفاعل القياسية وسيتم استخراجها بالاعتماد على معلومات المسعر.
ثانيا: - معادلة للتفاعل وسيتم كتابتها بالاعتماد على احتراق الاستيلين .

٢- تم استخراج كمية حرارة المسعر المنبعثة بوحدة كيلو جول لكل مول واحد بخطوتين لان كمية الحرارة معطاة بالسؤال وبوحدة الكيلو جول وبذلك الغيت الخطوة الاولى والثانية والخامسة.

نصيحة اذا وجدت في سؤال ΔHf° لمركب ما مجهولة وهناك ΔHf° لمركبات اخرى في نفس السؤال معلومة فاستخدم القانون

$$\Delta H_r° = \sum n\Delta H_f°(P) - \sum n\Delta H_f°(R)$$

واجب / سؤال 25-1 من أسئلة الفصل / احسب $\Delta H_r°$ عند درجة حرارة 25C° وضغط 1atm

$$2NH_{3(g)} + 3O_{2(g)} + 2CH_{4(g)} \longrightarrow 2HCN_{(g)} + 6H_2O_{(g)}$$

علما ان □

$\Delta H_f°(NH_{3(g)}) = -46\ kJ/mol$, $\Delta H_f°(CH_{4(g)}) = -75\ kJ/mol$

$\Delta H_f(HCN_{(g)}) = 135\ kJ/mol$, $\Delta H_f°(H_2O_{(g)}) = -242\ kJ/mol$

الحـــــــــــل / واجب سيكون الناتج 940-

1 – 14 العمليات التلقائية

هي عملية فيزيائية او كيميائية يمكن ان تحدث من تلقاء نفسها عند ظروف معينة دون تأثير خارجي ومن الأمثلة عليه.

- سقوط الماء من أعلى الشلال ولكن صعوده أليه مستحيل.
- انتقال الحرارة من الجسم الحار الى الجسم البارد ولكن عكس العملية صحيح.
- ذوبان قطعة السكر في كوب من القهوة ولكن السكر المذاب لا يتجمع تلقائيا كما في شكله الابتدائي.
- انجماد الماء تلقائيا تحت 0C° وينصهر الجليد تلقائيا فوق 0C°.
- يصدأ الحديد تلقائيا عندما يتعرض للأوكسجين والرطوبة ولكن صدأ الحديد لا يمكن ان يتحول تلقائيا الى الحديد .
- يتمدد الغاز تلقائيا في الإناء المفرغ من الهواء ولكن تجمعها في نفس الإناء عملية غير تلقائية.

لنسأل ألان ما هو السبب الذي يجعل بعض العمليات تحدث تلقائيا ؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟.

ان احد الأجوبة الأكثر قبولا هو ان جميع العمليات التلقائية يرافقها انخفاض في طاقة النظام الكلية اي الطاقة النهائية اقل من الطاقة الابتدائية للنظام. طاقة اقل يعني اكثر استقرار

لذا يلاحظ ان اغلب التفاعلات التي يرافقها انخفاض في الطاقة اي الانثالبي كما في حالات التفاعل الباعثة للحرارة تحدث تلقائيا عند الظروف القياسية مثل أحتراق الميثان.

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \quad \Delta H_r° = -890kJ$$

س / هل ان كل تفاعل تلقائي هو باعث للحرارة

ج / كلا و لسبب بسيط هو انه هناك تغيرات فيزيائية وكيميائية تحدث تلقائيا وتكون ماصة للحرارة .

- انصهار الجليد في درجة حرارة الغرفة عملية تلقائية رغم انها ماصة للحرارة.

$$H_2O_{(s)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \quad \Delta H_{fus} = 6kJ$$

- تبخر الماء عملية تلقائية على الرغم من أنها ماصة للحرارة.

$$H_2O_{(s)} \longrightarrow H_2O_{(g)} \quad \Delta H_{vap} = 44kJ$$

- اغلب عمليات التفكك تحدث تلقائيا بدرجات الحرارة العالية وهي تلقائية.

مما تقدم يمكن القول انه التفاعلات الماصة للحرارة ممكن ان تحدث تلقائيا وكذلك التفاعلات الباعثة للحرارة ان تكون غير تلقائية بمعنى اخر لا يمكننا ان نقرر التفاعل تلقائي هو باعث او ماص للحرارة ولعمل هذا النوع من التوقع نحتاج الى دالة ثرموداينمكية جديدة تسمى الانتروبي (S).

1-15 الانتروبي (S).

هي دالة حالة ثرموداينمكية تعتبر مقياس درجة للعشوائية او لا انتظام النظام الثرموداينمكي ويرمز لها بالحرف (S).

- ان سبب إدخال دالة الحالة الانتروبي للتنبؤ بتلقائية التفاعل.
- كلما كان الانتظام قليلا في النظام (عشوائية اكبر) كانت قيمة الانتروبي كبيرة والعكس صحيح.
- ان الانتروبي دالة حالة شانها شان الانثالبي لذا لا يمكن قياس القيم المطلقة لها وانما يقاس التغير الحاصل في الانتروبي.

$$\Delta S = S_f - S_i$$

حيث S_f الانتروبي النهائية S_i الانتروبي الابتدائية

ان جميع التفاعلات الكيميائية والتحولات الفيزيائية السابقة والتي تجري بشكل تلقائي يرافقها دائما زيادة في الانتروبي) فكلوريد الامونيوم يذوب في الماء تلقائيا.

$$NH_4Cl_{(s)} \longrightarrow NH_4^-{}_{(aq)} + Cl^-{}_{(aq)} \qquad \Delta H_r^\circ = 14kJ$$

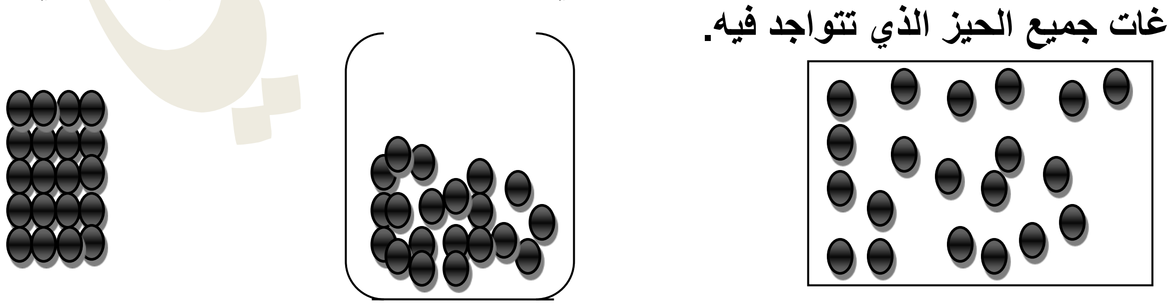
يصاحب عملية الذوبان هذه تكون ايونات في المحلول المائي التي هي اقل انتظاما من جزيئات كلوريد الامونيوم الصلب وعندما يتبخر الماء السائل تكون جزيئات الماء اقل انتظاما اي أكثر عشوائية

بشكل عام (أحفظ)

انتروبي الحالة الغازية دائما أكبر من انتروبي الحالة السائلة الذي هو اكبر من انتروبي الحالة الصلبة.

بعض الحالات التي تؤدي الى زيادة الانتروبي للنظام.

- في عملية الانصهار للمواد الصلبة تكون الذرات او الجزيئات في الحالة الصلبة محصورة في مواقع ثابتة وعند الانصهار فان هذه الذرات او الجزيئات تبدأ بالحركة لذا تتحرك خارج الشبكة البلورية مما يزيد من عشوائيتها.
- في عملية التبخر للحالة السائلة تؤدي الى زيادة الانتروبي أيضا وهي اكبر بكبير من تلك الزيادة في عملية الانصهار بسبب ان الذرات والجزيئات في الطور الغازي تنتشر بشكل عشوائي أكثر لملئ الفراغات جميع الحيز الذي تتواجد فيه.



صلب سائل غاز

زيادة في العشوائية زيادة في الانتروبي

خلاصة مهمة جدا جدا

- عند التحول من الصلب الى السائل تزداد الانتروبي $+\Delta S$ ($\Delta S > 0$) بسبب التحول من النظام الى اللانظام
- عند التحول من السائل الى البخار تزداد الانتروبي $+\Delta S$ ($\Delta S > 0$) بسبب التحول من النظام الى اللانظام.
- عند ذوبان صلب او سائل في مذيب وتكون محلول تزداد الانتروبي. ذوبان غاز يقل الانتروبي.
- التسامي زيادة في الانتروبي. يعني كل تسخين زيادة كل تبريد يقل الانتروبي
- كل تسخين زيادة في الانتروبي كل تبريد يقل الانتروبي
- اذا كانت عدد مولات الناتج أكثر من عدد مولات المتفاعلات زيادة في الانتروبي.
- اذا كانت عدد مولات الناتج اقل من عدد مولات المتفاعلات يقل الانتروبي.
- عند زيادة الضغط يقل الانتروبي (لماذا).
- في تفاعل ما كان نفس عدد المولات في النواتج والمتفاعلات فالطرف الذي فيه عدد أكثر من المواد هو الذي يكون فيه زيادة في الانتروبي مثل التفاعل ادناه

$$2HBr(g) \longrightarrow H_2(g) + Br_2(g)$$

نلاحظ ان عدد المولات في الطرفين متساوي لكن هناك زيادة في انتروبي النواتج لان عدد موادها أكثر.

مثال (1-9) تنبأ اذا كان التغير في الانتروبي ΔS أكبر او اقل من الصفر للعمليات التالية؟□

أ) تجمد كحول المثيل.

ب) تبخر سائل البروم.

جـ) ذوبان الكلوكوز في الماء.□

د) تبريد غاز النتروجين من $80C°$ الى $20C°$□

الأجـــــوبـــــة □

أ) الانجماد تعني تحول من الحالة السائلة الى الصلبة لذا تكون الجزيئات اكثر انتظاما لذا التغير في الانتروبي أصغر من الصفر ($\Delta S < 0$)□

ب) تحول البروم من سائل الى بخار يزيد من عشوائية الجزيئات وبالتالي التغير في الانتروبي أكبر من الصفر ($\Delta S > 0$).□

جـ) ذوبان الكلوكوز في الماء يؤدي الى انتشار جزيئاته وبالتالي زيادة العشوائية اي التغير في الانتروبي أكبر من الصفر ($\Delta S > 0$)□

د) يقلل تبريد غاز النتروجين $80C°$ الى $20C°$ من جزيئات N_2 فتقل العشوائية لذا التغير في الانتروبي أصغر من الصفر ($\Delta S < 0$). سلطان

تمرين (1- 10) كيف تتغير انتروبي النظام للعمليات التالية.□

أ) تكثيف بخار الماء.□

ب) تكون بلورات السكر من محلوله فوق المشبع.□

جـ) تسخين غاز الهيدروجين من $20C°$ الى $80C°$.□

د) تسامي اليود الصلب.□

الأجـــــوبـــــة □

أ) تحول بخار الماء الى سائل (تكثيف) يقلل من عشوائية النظام اي يقل الانتروبي.

ب) تكون بلورات السكر من محلوله فوق المشبع يقلل من عشوائية النظام اي يؤدي الى نقصان في الانتروبي.

جـ) تسخين غاز الهيدروجين من $20C°$ الى $80C°$ من يزيد من جزيئات الهيدروجين مما يؤدي الى زيادة في العشوائية الانتروبي.□

د) التسامي هو التحول من الطور الصلب الى الغازي اي زيادة في الانتروبي □

سؤال 1-28 من أسئلة الفصل/ ماذا تعني العملية التلقائية وضح ذلك ثم أعط مثالين لكل من العمليات التلقائية وغير التلقائية.

الجواب / هي عملية فيزيائية او كيميائية يمكن ان تحدث من تلقاء نفسها عند ظروف معينة دون تأثير خارجي. **ومن الامثلة عليها** ١ سقوط الماء من أعلى الشلال ٢ ذوبان قطعة السكر في الماء.

ومن الامثلة على غير التلقائية ١ تسلق قمة جبل ايفرست ٢ تجمع السكر الى شكله الابتدائي.

سؤال 1-29 من أسئلة الفصل اي من العمليات تلقائية او غير تلقائية.

أ) ذوبان ملح الطعام في الماء ؟ — **ج/ عملية تلقائية**

ب) تسلق قمة ايفرست — **ج/ عملية غير تلقائية**

جـ) انتشار رائحة عطر بعد فتح الغطاء — **ج/ عملية تلقائية.**

د) فصل الهليوم والنيون من مزيج الغازات — **ج / عملية غير تلقائية**

سؤال 1-30 من أسئلة الفصل / عرف الانتروبي وما هي وحدات الانتروبي؟ سلطان

الجواب / هي دالة حالة ثرموداينمكية تعتبر مقياس درجة للعشوائية او لا انتظام النظام الثرموداينميكي ويرمز لها بالحرف (S). ووحداته هي J/ K.mol

حساب الانتروبي القياسية للتفاعلات الكيميائية

يمكننا علم الثرموداينمك من حساب قيمة الانتروبي المطلقة التي سيكون رمزها $S°$ لجميع العناصر والمركبات والتي يمكن استخدامها لقياس التغير في انتروبي التفاعل القياسية $\Delta S_r°$ من العلاقة التالية.

$$\Delta S_r° = \sum nS° \text{ (Products)} - \sum nS° \text{ (Reactants)}$$

حيث n عدد المولات للمواد المتفاعلة (Reactants) والناتجة (Products) , $\sum$ تعني مجموع.

للتوضيح أكثر لنأخذ التفاعل الحراري الآتي

$$aA + bB \longrightarrow gG + hH$$

يمكن حساب $\Delta S_r°$ للتفاعل أعلاه بالصورة التالية

$$\Delta S_r° = [\, gS° (G) + hS° (H) \,] - [aS° (A) + bS° (B)]$$

مثال (10-1) احسب التغير في انتروبي التفاعل القياسية ΔSr° للتفاعل التالي في الظروف القياسية 25C° وضغط 1atm؟

$$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2\,(g)}$$

اذا علمت ان $S^\circ(O_2) = 205 J/K.mol$ ، $S^\circ(CO) = 198 J/K.mol$ سلطان

$S^\circ(CO_2) = 214 J/K.mol$

الحـــــــل/

$$\Delta S_r^\circ = \sum nS^\circ(Products) - \sum nS^\circ(Reactants)$$

$$\Delta S_r^\circ = [\,2S^\circ(CO_2)\,] - [\,2S^\circ(CO) + S^\circ(O_2)]$$

$$\Delta S_r^\circ = [\,(2 \times 214)\,] - [\,(2 \times 198) + 205]$$

$$\Delta S_r^\circ = (428) - (601) = -173\ J/K.mol$$

تمرين (11-1) احسب التغير في انتروبي التفاعل القياسية ΔSr° للتفاعل التالي في الظروف القياسية 25C° وضغط 1atm؟

$$4FeO_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Fe_2O_{3\,(s)}$$

اذا علمت ان $S^\circ(O_2) = 205J/$ ، $S^\circ(Fe_2O_3) = 87 J/K.mol$

$S^\circ(FeO) = 27 J/K.mol$

الحـــــــل/

$$\Delta S_r^\circ = \sum nS^\circ(Products) - \sum nS^\circ(Reactants)$$

$$\Delta S_r^\circ = [\,2S^\circ(Fe_2O_3)\,] - [\,4S^\circ(FeO) + 3S(O_2)]$$

$$\Delta S_r^\circ = [\,(2 \times 87)\,] - [\,(4 \times 27) + (3 \times 205)] =$$

$$\Delta S_r^\circ = (174) - (723) = -549\ J/k.mol$$

سؤال (32-1) من اسئلة الفصل احسب التغير في انتروبي التفاعل القياسية ΔSr° للتفاعل التالي في الظروف القياسية 25C° وضغط 1atm؟

$$SiH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow SiO_{2\,(s)} + 2H_2O(l)$$

اذا علمت ان $S^\circ(O_2) = 205J/mol$ ، $S^\circ(SiH_4) = 206 J/K.mol$

$S^\circ(H_2O) = 70J/mol$ ، $S^\circ(SiO_2) = 42 J/K.mol$

الحـــــل /

$$\Delta S_r^\circ = \sum nS^\circ(Products) - \sum nS^\circ(Reactants)$$

$$\Delta S_r^\circ = [S^\circ(SiO_2) + 2S^\circ(H_2O)\,] - [S^\circ(SiH_4) + 2S(O_2)]$$

$$\Delta S_r^\circ = [\,(42) + (2 \times 70)\,] - [\,(206) + (2 \times 205)]$$

$$\Delta S_r^\circ = (182) - (616) = -434\ J/k.mol$$

سؤال (33-1) من اسئلة الفصل اذا علمت ان قيمة $\Delta Sr°$ للتفاعل التالي = 137J/k.mol عند حرارة 25C° وضغط 1atm وان قيم $S°(O_2)$= 206J/mol فما هي قيمة S° للاوزون؟

$$2O_{3(g)} \longrightarrow 3O_{2(g)}$$

الحل/

$$\Delta S_r° = \sum nS°(Products) - \sum nS°(Reactants)$$

$$\Delta S_r° = [3S°(O_2)] - [2S°(O_3)]$$

$$137 = [(3 \times 205)] - [2S°(O_3)]$$

$$2S°(O_3) = 615 - 137$$

$$S°(O_3) = 478/2 = 239 J/K.mol$$

سؤال (27-1) احسب $\Delta Sr°$ للتفاعل التالي في الظروف القياسية 25C° وضغط 1atm؟

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \longrightarrow 2NH_{3(g)}$$

اذا علمت ان

$S(N_2)$ = 192 J/K.mol , $S(H_2)$ = 131 J/K.mol , $S(NH_3)$ = 193 J/K.mol

الجواب / الناتج سيكون -199J/K.mol

1 – 14 طاقة كبس الحرة (G).

وجد العالم كبس علاقة تربط بين الانثالبي(H) والانتروبي (S) تتيح لنا التنبؤ بتلقائية التفاعل بشكل ابسط من الاعتماد على استخدام قيم الانثالبي والانتروبي. ولذا يمكن تعريفها بالشكل التالي

طاقة كبس الحرة(G) : هي دالة حالة ثرموداينمكية تتيح لنا التنبؤ بتلقائية التفاعل وتمثل الطاقة العظمى التي يمكن الحصول عليها من قياس التغير في الانتروبي والانثالبي.

ان التغير في طاقة كبس الحرارة يمثل بالعلاقة التالية

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

إما كيف تعد مؤشرا لتلقائية التفاعل من إشارتها وبالصورة الآتية

١ـ ΔG قيمة سالبة ($\Delta G < 0$) يعني التفاعل او التغير الفيزيائي تلقائي.

٢ـ ΔG قيمة موجبة ($\Delta G > 0$) يعني التفاعل او التغير الفيزيائي غير تلقائي.

٣ـ ΔG صفر ($\Delta G = 0$) يعني التفاعل او التغير الفيزيائي في حالة اتزان.

1-16-1 طاقة كبس الحرة القياسية للتفاعل ($\Delta G_r°$).

سؤال (1-34) من اسئلة الفصل / عرف طاقة كبس الحرة للتكوين القياسية وما هي وحداتها؟

الجواب / هي مقدار التغيير في الطاقة الحرة عند تكوين مول من اي مركب من عناصره الأساسية بأثبت صورها عند الظروف القياسية عند حرارة 25C° وضغط 1atm ويرمز لها $\Delta G_f°$ ووحداتها kJ/mol

ويمكن أيجاد قيم طاقة كبس الحرة للتفاعل القياسية بمعادلة تشبه معادلة أيجاد انثالبي التفاعل القياسية.

$$\Delta G_r° = \sum n\Delta G_f° (Products) - \sum n\Delta G_f° (Reactants)$$

فللتفاعل العام

$$aA + bB \longrightarrow gG + hH$$

يكون التغير في طاقة كبس الحرة القياسية لهذا التفاعل.

يمكن حساب $\Delta G_r°$ للتفاعل أعلاه بالصورة التالية

$$\Delta G_r° = [g\Delta G_f° (G) + h\Delta G_f° (H)] - [a\Delta G_f° (A) + b\Delta G_f° (B)]$$

مثال (1-11) احسب طاقة كبس الحرة القياسية للتفاعل التالي عند الظروف القياسية بين هل يجري التفاعل تلقائيا ام لا عند هذه الظروف؟

ملاحظة في اسئلة طاقة كبس الحرة يجب ذكر التفاعل تلقائي ام لا حتى وان يطلب ذلك في السؤال

$$2C_6H_{6(l)} + 15O_{2(g)} \longrightarrow 12CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$$

$\Delta G_f°\ C_6H_{6(l)} = 173$ k J/mol , $\Delta G_f°\ CO_{2(g)} = -394$ k J/mol , $\Delta G_f°\ H_2O_{(l)} = -237$ k J/mol

الحـــــــل/ نستخدم العلاقة التالية

$$\Delta G_r° = \sum n\Delta G_f° (P) - \sum n\Delta G_f° (R)$$

$$\Delta G_r° = [12\Delta G_f° (CO_{2(g)}) + 6\Delta G_f° (H_2O_{(l)})] - [2\Delta G_f° (C6H6_{(l)}) + 15\Delta G_f° (O_{2(g)})]$$

$$\Delta G_r° = [(12x{-394}) + (6x{-237})] - [(2 \times 173) + 15X0)]$$

$$\Delta G_r° = [(-4728) + (-1422)] - [346] = -6496 \text{ k J/mol}$$

القيمة سالبة التفاعل تلقائي

تمرين (1-12) احسب طاقة كبس الحرة القياسية للتفاعل التالي عند الظروف القياسية بين هل يجري التفاعل تلقائيا ام لا عند هذه الظروف؟

$$2NO_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2NO_{2(g)}$$

$\Delta G_f°\ NO_{(g)} = 87$ k J/mol , $\Delta G_f°\ NO_{2(g)} = 52$ k J/mol

الحـــــــل/نستخدم العلاقة التالية:-

$$\Delta G_r° = \sum n\Delta G_f° (P) - \sum n\Delta G_f° (R)$$

$$\Delta G_r° = [2\Delta G_f° (NO_{2(g)})] - [2\Delta G_f° (NO) + \Delta G_f° (O_{2(g)})]$$

$$\Delta G_r° = [(2x52)] - [(2 \times 87) + (0)]$$

$$\Delta G_r° = [104] - [174] = -70 \text{ k J/mol}$$

بما انه القيمة سالبة اذا يجري التفاعل بشكل تلقائي

تطبيقات معادلة كبس واتجاه سير التفاعلات الكيميائية.

تعد معادلة كبس مهمة جدا عند تطبيقها على التفاعلات الكيميائية وذلك لان استخدام قيم ΔG تغنينا عن اخذ التغيرات التي تحدث في الانثالبي والانتروبي.

بصورة عامة يتضمن التغير في الطاقة الحرة ΔG عاملين مهمين يؤثران على تلقائية التفاعل.

س/ ما هي اكثر عاملين يضمنان تلقائية التفاعل.

العامل الاول :- كلما كان طاقة الانثالبي اقل ما يمكن اي قيمة ΔH سالبة اي تفاعل باعث.

العامل الثاني / كلما كان الانتروبي اعلى ما يمكن وتكون التلقائية اكثر احتمالا اذا كانت قيمة ΔS موجبة (والسبب لانه ΔS توجد ضمن الحد(TΔS) لذا اذا كانت قيمتها أعلى من ΔH ستصبح قيمة ΔG سالبة اي التفاعل تلقائي)

خلاصة مهمة وتوضيحية للعاملين أعلاه.

تأثير درجة الحرارة	ΔG	ΔS	ΔH
ليس هناك تأثير لدرجة الحرارة والتفاعل دائما يكون غير تلقائي	+	—	+
ليس هناك تأثير لدرجة الحرارة والتفاعل دائما يكون تلقائي	—	+	—
يكون التفاعل غير تلقائي عندما يكون الحد TΔS اصغر من الحد ΔH	+	+	+
بارتفاع درجة الحرارة يصبح الحد TΔS أكبر من الحد ΔH ويصبح التفاعل تلقائي	—	+	+
يكون التفاعل تلقائي عندما يكون الحد TΔS اصغر من الحد ΔH	—	—	—
بارتفاع درجة الحرارة يصبح الحد TΔS أكبر من الحد ΔH ويصبح التفاعل غير تلقائي	+	—	—

ملاحظات

١- حينما تكون الإشارة مختلفة ليس هناك تأثير لدرجة الحرارة ولاحظ أيضا انه اشارة ΔH مشابهة لإشارة ΔG

٢- تأثير درجة الحرارة يظهر في تشابه أشارة الانثالبي والانتروبي.

ملاحظات أخرى قبل الدخول في الأسئلة الخاصة بكبس

١- للتذكير ΔG سالبة التفاعل تلقائي ΔG موجبة التفاعل غير تلقائي.

٢- عمليات الانصهار – التبخر (الغليان) – التسامي عمليات ماصة للحرارة اي ΔH موجبة وهي أيضا عمليات تزداد فيها العشوائية اي ΔS موجبة أيضا.

٣- عمليات الانجماد(التبلور) - التكثيف (الندى) – التصلب هي عمليات باعثة للحرارة اي ΔH سالبة وايضا عمليات تقل فيها العشوائية اي ΔS سالبة.

٤- حينما يقول مسبب انخفاض درجة حرارة المحلول اي العملية ماصة. والعكس باعثة .

٥- ذوبان صلب أو سائل زيادة الانتروبي ΔS موجبة وعلى الأغلب هي عمليات ماصة.

٦- ذوبان غاز يقل الانتروبي ΔS سالبة وهي عمليات باعثة.

٧- عملية تحلل تفكك (ماصة - عشوائية) الاندماج (باعثة تقل العشوائية).

٨- أهم نقطة هو انه سواء قال العملية تلقائية او غير تلقائية نحن نفترض حدوثها لكن ان قال تلقائية يجب أثبات ΔG قيمة سالبة وان قال لا تتم او غير تلقائية يجب إثباتها موجبة.

جدول يلخص الدوال الثرموداينمكية من حيث الوحدات والاشارات (مهم جدا)

الدالة	الوحدة	+	—
الانثالبي	kJ/mol	العملية ماصة	العملية باعثة
الانتروبي	J/K.mol	العملية عشوائية	العملية غير عشوائية
طاقة كبس الحرة	kJ/mol	العملية غير تلقائية	العملية تلقائية

السؤال ٣٨ من اسئلة الفصل علل ما يأتي وفق علاقة كبس مع امثلة اضافية اخرى وواجبات.

١ـ عملية انصهار الجليد تلقائية بالظروف الاعتيادية.

ج / ١ـ العملية تلقائية ΔG سالبة

٢ـ العملية ماصة للحرارة ΔH موجبة.

٣ـ العملية تحول من النظام الى اللانظام اي ΔS موجبة

والحد TΔS < من الحد ΔH

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

(+) – (+) = + (ـــ أكبر) = ـــ □

٢ـ لا يتحلل الماء الى عناصره الاولية بالظروف الاعتيادية

ج / ١ـ العملية غير تلقائية ΔG موجبة.

٢ـ العملية ماصة للحرارة ΔH موجبة.

٣ـ العملية تحول من النظام الى اللانظام اي ΔS موجبة

والحد TΔS > من الحد ΔH

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

(+) – (+) = + (ـــ اصغر) = + □

٣ـ يذوب غاز SO_2 في الماء ويبعث حرارة عالية.

ج / ١ـ العملية تلقائية ΔG سالبة.

٢ـ العملية باعثة للحرارة ΔH سالبة.

٣ـ العملية تحول من اللانظام الى النظام اي ΔS سالبة.

والحد TΔS > من الحد ΔH

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

(ـ) – (ـ) = ـ (+ اصغر) = ـــ □

٤ـ لا تتفكك كاربونات الكالسيوم بالحرارة الاعتيادية.

ج / ١ـ العملية غير تلقائية ΔG موجبة.

٢ـ العملية ماصة للحرارة ΔH موجبة.

٣ـ العملية تحول من النظام الى اللانظام اي ΔS موجبة

والحد TΔS > من الحد ΔH

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

(+) – (+) = + (ـــ اصغر) = + □

٥ـ تفكك اوكسيد الزئبق II تلقائي دائما بدرجات الحرارة العالية

ج / ١ـ العملية تلقائية ΔG سالبه.

٢ـ العملية ماصة للحرارة ΔH موجبة.

٣ـ العملية تحول من النظام الى اللانظام اي ΔS موجبة

والحد TΔS < من الحد ΔH

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

(+) – (+) = + (ـــ اكبر) = ـــ □

مثال أضافي ١

عملية الندى عملية تلقائية في فصل الشتاء.

ج / ١ـ العملية تلقائية ΔG سالبه.

٢ـ العملية باعثة للحرارة ΔH سالبه.

٣ـ العملية تحول من اللانظام الى النظام اي ΔS سالبة

والحد TΔS > من الحد ΔH

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

(ـــ) – (ـــ) = ـــ (+ اصغر) = ـــ □

مثال أضافي ٢

عملية انجماد الماء تلقائية بدرجات الحرارة المنخفضة

ج / ١ـ العملية تلقائية ΔG سالبه.

٢ـ العملية باعثة للحرارة ΔH سالبه.

٣ـ العملية تحول من اللانظام الى النظام اي ΔS سالبة

والحد TΔS > من الحد ΔH

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

(ـــ) – (ـــ) = ـــ (+ اصغر) = ـــ □

مثال أضافي ٣

لا يتسامى اليود في درجات الحرارة الاعتيادية.

ج / ١ـ العملية غير تلقائية ΔG موجبة.

٢ـ العملية ماصة للحرارة ΔH موجبة.

٣ـ العملية تحول من النظام الى اللانظام اي ΔS موجبة

والحد TΔS > من الحد ΔH

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

(+) – (+) = + (ـ اصغر) = + □

راجع الاثرائيات الخاصة بهذا الموضوع في نهاية الملزمة

يمكن استخدام علاقة كبس اذا تم قياس قيمة $\Delta Hr°$ و $\Delta Sr°$ للتفاعل عند الظروف القياسية $25C°$ وضغط $1atm$ على الصورة الآتية.

$$\Delta G_r° = \Delta H_r° - T\Delta S_r°$$

سؤال (15-1) جد قيمة $\Delta G°_r$ للتفاعل الاتي

$$2CO_{(g)} + O_2 \longrightarrow 2CO_{2(g)}$$

الذي يجري بالظروف القياسية اذا اعطيت المعلومات الاتية

$\Delta H°_f$ (CO) = -110.5 kJ/mol $\Delta H°_f$ (CO_2) = -393.5 kJ/mol

S° (CO) = 198 J/K.mol   S° (CO_2) = 214 J/K.mol   S° (O_2) = 205 J/K.mol

الحـــــــل/

نجد اولا قيمة $\Delta H°_r$

$$\Delta H_r° = \sum n\Delta H_f° (P) - \sum n\Delta H_f° (R)$$

$$\Delta H_r° = [(2\Delta H_f° CO_{2(g)})] - [(2\Delta H_f° CO_{(g)}) + (\Delta H_f° O_{2(g)})]$$

$$\Delta H_r° = [(2 X -393.5)] - [(2 X -110.5) + (0)]$$

$$\Delta H_r° = (-787) - (-221) = -566 \text{ k J/mol}$$

ثم نجد قيمة $\Delta S°_r$

$$\Delta S_r° = \sum nS° (Products) - \sum nS° (Reactants)$$

$$\Delta S_r° = [2S° (CO_2)] - [2S° (CO) + S°(O_2)]$$

$$\Delta S_r° = [(2 \times 214)] - [(2 \times 198) + 205]$$

$$\Delta S_r° = (428) - (601) = -173 \text{ J/K.mol}$$

نحول الان قيمة $\Delta S°_r$ بوحدة k.J/K.mol

$$\Delta S_r° (kJ/K.mol) = -173 \text{ J/K.mol} X \frac{1KJ}{1000J} = -0.173 \text{ k.J/K.mol}$$

$$T_{(K)} = 25 + 273 = 298 K$$

$$\Delta G_r° = \Delta H_r° - T\Delta S_r°$$

$$\Delta G_r° = -566 \text{ kJ/mol} - (298 K \times -0.173 \text{ k.J/K.mol})$$

$$\Delta G_r° = -566 \text{ kJ/mol} - (-51.554 \text{ kJ/mol}) = -514.4 \text{ kJ/mol}$$

بما ان قيمة $\Delta G_r°$ سالبة فالتفاعل يجري بشكل تلقائي..

سؤال (1- 31) للتفاعل التالي

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(g)}$$

أحسب قيمة $\Delta Sr°$ للتفاعل بوحدات J/K.mol

علما ان $\Delta H°_f (H_2O) = -242 KJ/mol$ / $\Delta G°_f (H_2O) = -228 KJ/mol$

الحـــــل/

نستخرج قيمة $\Delta H°_r$ للتفاعل

$$\Delta H_r° = \sum n\Delta H_f° (P) - \sum n\Delta H_f° (R)$$

$$\Delta H_r° = [(2\Delta H_f° H_2O)] - [(2\Delta H_f° H_2) + (\Delta H_f° O_2)]$$

$$\Delta H_r° = [(2 X -242)] - [(0) + (0)] = -484 \text{ kJ/mol}$$

نستخرج قيمة $\Delta G°_r$ للتفاعل

$$\Delta G_r° = \sum n\Delta G_f° (P) - \sum n\Delta G_f° (R)$$

$$\Delta G_r° = [(2\Delta G_f° H_2O)] - [(2\Delta G_f° H_2) + (\Delta G_f° O_2)]$$

$$\Delta HG_r° = [(2 X -228)] - [(0) + (0)] = -456 \text{ kJ/mol}$$

نحول درجة الحرارة من C° الى K

$$T(K) = t(C°) + 273 = 25 + 273 = 298 K$$

$$\Delta G_r° = \Delta H_r° - T\Delta S_r°$$

$$T\Delta S°r = \Delta H_r° - \Delta G°r$$

$$\Delta S°r = \frac{\Delta Hr° - \Delta G°r}{T}$$

$$\Delta S°r = \frac{-484 KJ/mol + 456 KJ/mol}{298 K} = \frac{-28 KJ/mol}{298 K} = -0.094 \text{ kJ/K.mol}$$

$$\Delta S°r_{(J/K.mol)} = 0.094 kJ/K.mol \text{ X } 1000 J/kJ = -94 J/K.mol$$

انتبه جيدا وفرق بين $\Delta G°_r$ و $\Delta G°_f$ ونفس الامر ينطبق على $\Delta H°_r$ و $\Delta H°_f$ □

للتذكير قيم الانثالبي والطاقة الحرة للعناصر في حالتها القياسية = 0

مثال (12-1)

للتفاعل الأتي :

$$C_2H_5OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$$

بالاستعانة بالمعلومات التالية

المادة	$\Delta H_f°$ kJ/ mol	S° J/K. mol
$C_2H_5OH_{(l)}$	-278	161
$O_{2(g)}$	0	205
$CO_{2(g)}$	-394	214
$H_2O_{(l)}$	-286	70

أحسب أ) $\Delta H_r°$ ب) $\Delta S_r°$ ج) $\Delta G_r°$ عند الظروف القياسية.

الحل / أ) حساب $\Delta H_r°$

$$\Delta H_r° = \sum n\Delta H_f° \text{ (Products)} - \sum n\Delta H_f° \text{ (Reactants)}$$
$$\Delta H_r° = [2\Delta H_f°(CO_2) + 3\Delta H_f°(H_2O)] - [\Delta H_f° (C_2H_5OH) + 3\Delta H_f°(O_2)]$$
$$\Delta H_r° = [(2X{-394}) + (3 X {-286})] - [-278 + (3 X 0)]$$
$$\Delta H_r° = [(-788) + (-858)] - [-278] = -1368 \text{ kJ/ mol}$$

ب) حساب $\Delta S_r°$

$$\Delta S_r° = \sum nS° \text{ (Products)} - \sum nS° \text{ (Reactants)}$$
$$\Delta S_r° = [2S°(CO_2) + 3S°(H_2O)] - [S° (C_2H_5OH) + 3S°(O_2)]$$
$$\Delta S_r° = [(2X214) + (3 X 70)] - [161 + (3 X 205)]$$
$$\Delta S_r° = [(428) + (210)] - [161 + 615] = -138 \text{ J/K. mol}$$
$$\Delta S_r° \text{ (kJ/K. mol)} = -138 \text{ J/K. mol} \ X \frac{1KJ}{1000J} = -0.138 \text{ k.J/K. mol}$$

جـ) حساب $\Delta G_r°$ نحول درجة الحرارة من C° الى K

$$T(K) = t(C°) + 273 = 25 + 273 = 298 \text{ K}$$
$$\Delta G_r° = \Delta H_r° - T\Delta S_r°$$
$$\Delta G_r° = -1368 \text{ kJ/ mol} - (298K \ X -0.138 \text{ k.J/K. mol})$$
$$\Delta G_r° = -1368 \text{ kJ/ mol} - (-41.124 \text{ kJ/ mol}) = -1327 \text{ kJ/ mol}$$

بما ان قيمة $\Delta G_r°$ سالبة فالتفاعل يجري بشكل تلقائي.

تمرين (1-13) احسب $\Delta G_r°$ للتفاعل الأتي عند الظروف القياسية □

$$C_5H_{12(l)} + 8O_{2(g)} \longrightarrow 5CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$$

حيث تم حساب قيمة $\Delta H_r°$ وكانت تساوي -3536 kJ/ mol □

وكذلك تم حساب $\Delta S_r°$ وكانت = 374 J/K. mol □

الحـــــــل/ اولا نحول وحدات $\Delta S_r°$ الى k.J/K. mol □

$$\Delta S_r° \text{ (kJ/K. mol)} = 374 \text{ J/K. mol} \times \frac{1KJ}{1000\ J} = 0.374 \text{ k.J/K. mol}$$

نحول درجة الحرارة من C° الى K □

$$T(K) = t(C°) + 273 = 25 + 273 = 298 \text{ K}$$

$$\Delta G_r° = \Delta H_r° - T\Delta S_r°$$

$$\Delta G_r° = -3536 \text{ kJ/ mol} – (298K \times 0.374 \text{ k.J/K. mol})$$

$$\Delta G_r° = -3536 \text{ kJ/ mol} – (111.425 \text{ kJ/ mol}) = -3647.425 \text{ kJ/ mol}$$

بما ان قيمة $\Delta G_r°$ سالبة فالتفاعل يجري بشكل تلقائي.

تمرين (1-14) اذا كان لدينا التفاعل الأتي / واجـــــــــــــــــــــــــب □

$$HCOOH \longrightarrow CO_{(g)} + H_2O_{(l)}$$

فاذا كانت قيمة $\Delta H_r°$ تساوي 16 kJ/ mol □

و التغير في الانتروبي $\Delta S_r°$ = 234 J/K. mol

احسب قيمة التغير في الطاقة الحرة القياسية للتفاعل عند الظروف القياسية 25C° وضغط 1atm □

وهل التفاعل تلقائي ام غير تلقائي □

الجواب / للتأكد من الحل سيكون الناتج -53.7kJ/mol

ملاحظات قبل دخول حل سؤالي 36 و 37

اولا : ـ (في سؤال 36) يطلب منا في اي درجة حرارة يكون التفاعل تلقائي لكن لم يعطي درجة حرارة لذا نقوم بالخطوات التالية .

١ـ تعتبر التفاعل متوازن وقيمة ΔGr = صفر اي ان $\Delta H = T\Delta S$

٢ـ توحيد وحدات ΔH مع ΔS

٣ـ نقوم بالعلاقة التالية $T = \frac{\Delta H}{\Delta S}$ ونستخرج قيمة درجة الحرارة بالكلفن

٤ـ ستعطى في السؤال دائما قيم ΔH وΔS نفس الإشارة.

اذا كانت موجبة يجب ان يكون الحد $T\Delta S$ اكبر من الحد ΔH وعليه يجب تسخين التفاعل الى اكثر من درجة حرارة الاتزان

اذا كانت سالبة يجب ان يكون الحد $T\Delta S$ اصغر من الحد ΔH وعليه يجب تبريد التفاعل الى اقل من درجة حرارة الاتزان.

ثانيا : ـ (في سؤال ٣٧ اعطى درجة حرارة و يطلب اذا لم يكن التفاعل تلقائي ففي اي درجة يكون تلقائي سنقوم بهذه الخطوات

١- نطبق علاقة $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ كاملة كون الحرارة موجودة اذا ظهرت سالبة انتهى حل السؤال

٢- اذا كانت موجبة يعني التفاعل غير تلقائي وهنا نفرض الحرارة صفر ونقوم بنفس حل خطوات سؤال (36)

سؤال (36-1 اسئلة الفصل) جد درجة الحرارة التي تصبح عندها التفاعلات التالية تلقائية اذا علمت ان قيم ΔH و ΔS لها

التفاعل A $\Delta H = +126 kJ/mol$ و $\Delta S = +48 J/K.mol$

الحل / ان قيمة ΔG عند التوازن = صفر وعليه تصبح معادلة كبس بالشكل التالي

$$0 = \Delta H - T\Delta S \longrightarrow T\Delta S = \Delta H \longrightarrow T = \frac{\Delta H}{\Delta S}$$

نحول وحدة ال ΔS من J/K.mol الى وحدات KJ/K.mol

$$\Delta S_r^\circ\ (kJ/K.mol) = +48\ J/K.mol \times \frac{1KJ}{1000\ J} = +0.048\ k.J/K.mol$$

$$T = \frac{+126kJ/mol}{+0.048\ k.J/K.mol} = 2625\ K$$

وعليه يجب تسخين التفاعل الى اكثر من 2625K لكي يصبح التفاعل تلقائي.

التفاعل B $\Delta H = -12kJ/mol$ و $\Delta S = -105 J/K.mol$

الحل / ان قيمة ΔG عند التوازن = صفر

$$0 = \Delta H - T\Delta S \longrightarrow T\Delta S = \Delta H \longrightarrow T = \frac{\Delta H}{\Delta S}$$

$$\Delta S_r^\circ\ (kJ/K.mol) = -105\ J/K.mol \times \frac{1KJ}{1000\ J} = -0.105\ k.J/K.mol$$

$$T = \frac{-12kJ/mol}{-0.105\ kJ/K.mol} = 114.3\ K$$

وعليه يجب تبريد التفاعل الى اقل من 114.3K لكي يصبح التفاعل تلقائي.

سؤال (37-1) من قيم ΔH و ΔS تنبأ اي من التفاعلين سيكون تلقائي عند درجة حرارة $25C°$ وضغط 1atm

التفاعل A $\quad \Delta S= 30\ J/K.mol \quad .\Delta H = 11kJ/mol$

التفاعل B $\quad \Delta S= 113\ J/K.mol \quad .\Delta H = 2kJ/mol$

اذا لم يكونا التفاعلين تلقائيين فعند اي درجة الحرارة سيكون التفاعلين تلقائيين.

التفاعل A/

الحـــــــل/ اولا نحول وحدات $\Delta S_r°$ الى k.J/K. mol

$$\Delta S_r° \ (kJ/K.\ mol) = 30\ J/K.\ mol \ \times \frac{1KJ}{1000\ J} = 0.030\ k.J/K.\ mol$$

نحول درجة الحرارة من $C°$ الى K

$$T(K) = t(C°) + 273 = 25 + 273 = 298\ K$$

$$\Delta G_r° = \Delta H_r° - T\Delta S_r°$$

$$\Delta G_r° = 11\ kJ/mol - (298K \times 0.030\ k.J/K.\ mol)$$

$$\Delta G_r° = 11\ kJ/mol - (8.94\ kJ/mol) = 2.06\ kJ/mol$$

بما ان قيمة $\Delta G_r°$ موجبة فالتفاعل غير تلقائي.

وعليه لايجاد درجة الحرارة التي يصبح فيها التفاعل تلقائي

نفرض قيمة ΔG عند التوازن = صفر

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \longrightarrow T = \frac{\Delta H}{\Delta S}$$

$$T = \frac{11kJ/mol}{0.03\ k.J/K.mol} = 366.66\ K$$

وعليه يجب تسخين التفاعل الى اكثر من 366.66K لكي يصبح التفاعل تلقائي.

التفاعل B/

الحـــــــل/ اولا نحول وحدات $\Delta S_r°$ الى k.J/K. mol

$$\Delta S_r° \ (kJ/K.\ mol) = 113\ J/K.\ mol \ \times \frac{1KJ}{1000\ J} = 0.113\ k.J/K.\ mol$$

نحول درجة الحرارة من $C°$ الى K

$$T(K) = t(C°) + 273 = 25 + 273 = 298\ K$$

$$\Delta G_r° = \Delta H_r° - T\Delta S_r°$$

$$\Delta G_r° = 2\ kJ/mol - (298K \times 0.113\ k.J/K.\ mol)$$

$$\Delta G_r° = 2\ kJ/mol - (33.674\ kJ/mol) = -31.674\ kJ/mol$$

بما ان قيمة $\Delta G_r°$ سالبه فالتفاعل تلقائي.

سؤال (1-24) تتفكك كاربونات الكالسيوم حسب المعادلة الاتيـــــــــــــــــــــــــة

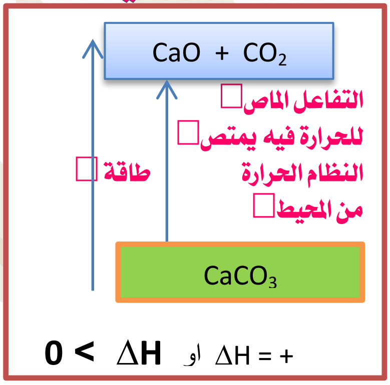
$$CaCO_{3(s)} \longrightarrow CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

قيمة $\Delta S°_r$ = 160 J/K.mol فاذا علمت ان $\Delta H°_f$ لكل من CO_2 و CaO و $CaCO_3$ هي على التوالي بوحدات kJ/mol (-1207,-635,-393.5) جد

1- $\Delta H°_r$ للتفاعل ثم ارسم مخطط الطاقة 2- $\Delta G°_r$ للتفاعل.

3 – درجة الحرارة التي سيصبح عندها التفاعل تلقائي.

1) نجد اولا قيمة الانثالبي ومخطط الطاقة



$$\Delta H_r° = \sum n\Delta H_f°\ (P) - \sum n\Delta H_f°\ (R)$$

$$\Delta H_r° = [(\Delta H_f° CaO) + (\Delta H_f°\ CO_2)] - [(\Delta H_f° CaCO_3)]$$

$$\Delta H_r° = [(-635) + (-393.5)] - [(-1207)]$$

$$\Delta H_r° = (-1028.5) + (1207) = 178.5\ kJ/mol$$

2) ايجاد قيمة $\Delta G°_r$

نحول الان قيمة $\Delta S°_r$ بوحدة k.J/K.mol

$$\Delta S_r°\ (kJ/K.\ mol) = 160\ J/K.\ mol \times \frac{1KJ}{1000\ J} = 0.16\ k.J/K.\ mol$$

$$\Delta G_r° = \Delta H_r° - T\Delta S_r°$$

$$\Delta G_r° = 178.5\ kJ/\ mol - (298K \times 0.16\ k.J/K.\ mol)$$

$$\Delta G_r° = 178.5\ kJ/\ mol - (47.68\ kJ/\ mol) = 130.82\ kJ/\ mol$$

3) لايجاد درجة الحرارة التي يصبح عندها التفاعل تلقائي

نفرض التفاعل متوازن حيث ان قيمة ΔG عند التوازن = صفر

$$\Delta G°_r = \Delta H°_r - T\Delta S°_r \longrightarrow T = \frac{\Delta Hr}{\Delta Sr} = \frac{178.5\ kJ/mol}{0.16\ kJ/K.mol} = 1115.6\ K$$

وعليه يجب تسخين التفاعل الى اكثر من 1115.6 لكي يصبح التفاعل تلقائي.

1-17 حساب انتروبي التغيرات الفيزيائية

درجة حرارة الانصهار (T_m) هي الدرجة التي تتحول بها المادة من حالتها الصلبة الى السائلة.

درجة حرارة الغليان (T_b) هي الدرجة التي تتحول بها المادة من حالتها السائلة الى الغازية.

- ان هاتان الدرجتان الانصهار والغليان تجريان عندما تحدث اتزان بين ضغط بخار الماء الصلب او السائل مع الضغط الجوي هذا يعني ان قيمة ΔG عند هذه الدرجات = صفر اي تصبح علاقة كبس بالصورة التالية $\Delta S = \frac{\Delta H}{T}$
- وعليه ستكون معادلة الانصهار بالشكل $\Delta Sfus = \frac{\Delta Hfus}{Tm}$ حيث fus تعني انصهار T_m درجة الانصهار.

ومعادلة التبخر (الغليان) $\Delta Svap = \frac{\Delta Hvap}{Tb}$ حيث vap تعني تبخر T_b درجة الغليان.

- وجد العالم تروتن ان قيمة $\Delta S = 85 J/K.mol$ لأغلب السوائل لذا تصبح معادلة الغليان بالشكل الاتي

$$\frac{85J}{K}.mol = \frac{\Delta Hvap}{Tb}$$

- ملاحظة/ هذه المعادلة نستخدمها عندما لا نجد انتروبي معطى او مطلوب

مثال (1-13) احسب انثالبي التبخر ΔH_{vap} للهكسان عند الاتزان بوحدة kJ/mol اذا علمت ان درجة غليانه = 69C ؛

الحـــــل/ نحول درجة الحرارة من السيليزي الى الكلفن.سلطان

$$T(K) = t(C°) + 273 = 69 + 273 = 342\ K$$

$$85J/K.mol = \frac{\Delta Hvap}{Tb}$$

$$\Delta H_{vap} = 85J/K.mol \times 342K = 29070\ J/mol$$

$$\Delta H_{vab}°\ (J/.mol) = 29070\ J/.mol \times \frac{1KJ}{1000\ J} = 29.07\ k.J/mol$$

تمرين (1-15) احسب التغير في الانتروبي للتحول الاتي $H_2O_{(l)} = H_2O_{(g)}$

عند درجة غليان 100C° علما ان $\Delta H_{vab}° = 44kJ/mol$

الحـــــل/ نحول درجة الحرارة من السيليزي الى الكلفن.

$$T(K) = t(C°) + 273 = 100 + 273 = 373\ K$$

$$\Delta Svap = \frac{\Delta Hvap}{Tb}$$

$$\Delta Svap = \frac{44kJ/mol}{373K} = 0.118kJ/K.mol$$

$$\Delta S_{vap} = 0.118kJ/K.mol \times 1000\ J/kJ = 118\ J/K.mol$$

علل/ قيمة ΔSr لمعظم السوائل قيمة ثابتة وهي 85J/K.mol.

ج/ لوجود تشابه في حركة جزيئات السوائل وتركيبها وحركة ابخرتها.

حل اسئلة الفصل الاول

1-1/ جميع التعاريف في الملزمة

2.1/ ما هي وحدات الانثالبي والانتروبي وطاقة كبس الحرة بالوحدات الدولية (SI)

ج/ الانثالبي وحدتها kJ/mol   الانتروبي وحدتها J/K.mol   طاقة كبس الحرة وحدتها kJ/mol

3.1/ما المقصود بالتعابير الاتية

الكيمياء الحرارية:ـ علم يهتم بدراسة الحرارة الممتصة والمنبعثة نتيجة التغيرات الفيزيائية والكيمائية بمعنى ابسط انها تهتم بحساب انثالبي التفاعلات الكيمائية والتغييرات الفيزيائية

عملية باعثة للحرارة : هي العملية التي تصاحبها تحرر حرارة وهي تحول الطاقة الحرارية من النظام الى المحيط وقيمة التغير لها في الانثالبي سالبة.

عملية ماصة للحرارة : هي العملية التي يصاحبها امتصاص حرارة للنظام من المحيط وقيمة التغير لها في الانثالبي قيمة موجبة.

4.1 / ماذا تعني داله الحالة راجع الملزمة ص٦

5.1 /لماذا من الضروري بيان الحالة الفيزيائية عند كتابة التفاعلات الحرارية؟

الجواب / لان كمية الحرارة الممتصة او المتحررة تتغير بتغير الحالة الفيزيائية لمواد التفاعل.

6.1 / ما الفرق بين الحرارة النوعية والسعة الحرارية؟ ما وحدات هاتين الكميتين؟

الحرارة النوعية	السعة الحرارية
هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة مقدارها غرام واحد من اي مادة درجة سيليزية واحدة	هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة غرام من اي مادة درجة سيليزية واحدة
وحداتها (J/g.C°) ويرمزلها (S)	وحداتها (J/ C°) ويرمزلها (C)
هي من الخواص المركزة .	هي من الخواص الشاملة.

7-1 مالفرق بين الخواص المركزة والخواص الشاملة / راجع الملزمة ص٦ تعاريفهما.

8-1/ صف المسعر الحراري الذي بواسطته تتم قياس الحرارة الممتصة او المنبعثة عند ثبوت الضغط.

يتكون المسعر من وعاء للتفاعل مغمور في كمية معينة من المــاء(معروفة الكتلة)موجودة في وعاء معزول عزلا جيدا

س٩راجع ملزمة ص٤	س١٥راجع ملزمة ص٣٢	س٢١راجع ملزمة ص١٩	س٢٧راجع ملزمة ص٢٨	س٣٣راجع ملزمة ص٢٨
س١٠راجع ملزمة ص٤	س١٦راجع ملزمة ص١٠	س٢٢راجع ملزمة ص١٩	س٢٨راجع ملزمة ص٢٦	س٣٤راجع ملزمة ص٢٩
س١١راجع ملزمة ص٤	س١٧راجع ملزمة ص١٠	س٢٣راجع ملزمة ص٢٠	س٢٩راجع ملزمة ص٢٦	س٣٥راجع ملزمة ص٢٠
س١٢راجع ملزمة ص٥	س١٨راجع ملزمة ص١١	س٢٤راجع ملزمة ص٣٨	س٣٠راجع ملزمة ص٢٦	س٣٦راجع ملزمة ص٣٦
س١٣راجع ملزمة ص٥	س١٩راجع ملزمة ص٢٣	س٢٥راجع ملزمة ص٢٣	س٣١راجع ملزمة ص٣٢	س٣٧راجع ملزمةص ٣٧
س١٤راجع ملزمة ص٥	س٢٠راجع ملزمة ص١٥	س٢٦راجع ملزمة ص٢٢	س٣٢راجع ملزمة ص٢٧	س٣٨راجع ملزمة ص٣١

اثرائيات الخاصة في مواضيع قانون الطاقة الحركية وقوانين الحرارة النوعية والسعة الحرارية

مثال اضافي١ / ما كتلة جسم تحرك مسافة 9 متر خلال 3 ثانية واحدة علما ان طاقته الحركية 18 J؟

$$KE = \frac{1}{2} m.\ V^2$$

$$18 = \frac{1}{2} \times m \times \left(\frac{9}{3}\right)^2$$

$$18 = \frac{1}{2} \times m \times 3^2$$

$$18 = \frac{9\,m}{2}$$

$$9m = 36$$

$$m = \frac{36}{9} = 4\ Kg$$

مثال اضافي٢ / جسم كتلته 20Kg تحرك مسافة 10 متر وطاقته الحركية 40J ما مقدار الزمن بالثواني التي تحرك بها الجسم؟ الجواب (5 s)

مثال اضافي٣ / كتلة معينة من الفضة سخنت فارتفعت درجة حرارتها الابتدائية بمقدار 10 C° فاذا علمت ان الحرارة النوعية للفضة 0.24 J/g.C وانها امتصت حرارة مقدارها 0.24 Kj؟

جد ١) كتلة الفضة .

٢) السعة الحرارية للفضة.

ملاحظة: ارتفعت بمقدار يعني انها ΔT بالموجب

الحـــــــــل/

1) $q(\ J) = ς\ (\ J/g.C) \times m(g) \times ΔT\ (°C)$

$q(\ J) = 0.24\ KJ \times 1000j/KJ = 240\ J$

$$m(g) = \frac{240\ J}{0.24\ \left(\frac{J}{g}.C\right)\ X\ 10c} = 100g$$

2)

$C_{(J/C°)} = ς\ (\ J/g.C) \times m(g)$

$C_{(J/C°)} = 0.24\ (\ J/g.C) \times 100(g)$

$C_{(J/C°)} = 24\ (\ J/.C)$

مثال اضافي٤ / 10g من حبيبات المغنسيوم الذي حرارته النوعية 1.02 J/g.C عند تبريدها الى 40 C° بعثت حرارة مقدارها 1.02 kJ احسب درجة الحرارة التي كانت عليها حبيبات المغنسيوم؟ الجواب 140 C°

اثرائيات الخاصة في مواضيع المسعر

مثال اضافي٥ باستخدام المسعر الحراري وضعت 34.2g من مركب عضوي في وعاء العينة وضع هذا الوعاء داخل الوعاء المعزول الذي ملئ بكمية 900 g من الماء (الحرارة النوعية للماء 4.2 J/g.C°) وكانت درجة الحرارة الابتدائية = 27C° احرق بعد ذلك المزيج وعند قياس درجة الحرارة وجد ان درجة حرارة المسعر 29.5C° وان كمية الحرارة المتحررة بوحدة KJ نتيجة احتراق 1mole من المركب العضوي كانت94.5 ما هي الكتلة المولية للمركب العضوي علما ان السعة الحرارية للمسعر مهملة.

الجواب / نحسب اولا التغيير في درجات الحرارة

$$\Delta T = T_f - T_i = 29.5 - 27.0 = 2.5\ C°$$

$$q(J) = \varsigma\,(J/g.C) \times m(g) \times \Delta T\,(C)$$

$$q(J) = 4.2\,(J/g.C) \times 900(g) \times 2.5\,(C) = 9450\ J$$

ولأننا نريد حساب كمية الحرارة المتحررة لابد ان تكون القيمة سالبة اي = (-9450 J).

الحرارة المتحررة من احتراق 1mol من الكلوكوز = -94.5KJ/mol نحولها الى وحدة J/mol

$$q\ J/mol = -94.5KJ/mol \times 1000J/KJ = -94500J/mol$$

$$q\ J/mol = \frac{-q\ J}{n\ mol} \longrightarrow n_{mol} = \frac{q\ J}{q\ J/mol} = \frac{-9450\ J}{-94500\ J/mol} = 0.1\ mol$$

$$n(mol) = \frac{m(g)}{M\,(\frac{g}{mol})} \longrightarrow M = \frac{m(g)}{n\ (mol)} \longrightarrow M = \frac{34.2(g)}{0.1\ (mol)} = 342\ g/mol$$

مثال اضافي6 /تم حرق عينة معينة من حامض الخليك كتلته المولية (60g/mol) في مسعر يحتوي 1000 g من الماء (الحرارة النوعية للماء 4.2 J/g.C°) فاذا ارتفعت درجة حرارة المسعر بمقدار 6C° وكانت كمية الحرارة التي تنبعث نتيجة احتراق مول واحد من الحامض = 126KJ احسب كتلة الحامض التي تم حرقها. علما ان السعة الحرارية للمسعر مهملة الجواب (واجب) 12g الجواب 12g

اثرائيات الخاصة في موضوع انواع الانثالبيات

مثال اضافي 7 اكتب معادلة تكوين كل من ١ـ حامض النتريك HNO_3 ٢ـ حامض الفسفوريك H_3PO_3 ٣ـ حامض البروبانويك CH_3CH_2COOH ٤ـ كلوريد البيوتيل C_4H_9Cl ٥ـ الامونيا NH_3

بحيث ان $\Delta H_r° = \Delta H_f°$

$$\frac{1}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{2}N_{2(g)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \longrightarrow HNO_{3(aq)}$$

$$\frac{3}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{4}P_{4(s)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_3PO_{3(aq)}$$

$$3C_{(gra)} + 3H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow CH_3CH_2COOH_{(aq)}$$

رقم ٤ ورقم ٥ واجب

شنسوي بهيج اسئلة

١ نكتب المركب الي يريد تكوينه وراء السهم بدون اي عدد مولات له

٢ نفصل المركب بجهة المتفاعلات الى عناصر وانتبه هناك عناصر بهيئة جزيئات وهي- P_4 N_2- H_2 – O_2 –Cl_2 Br_2 –F_2 – I_2

٣ نوازن العناصر بالمقارنة مع المركب المتكون ونصيحة بالنسبة للعناصر السبعة اعلاه اذا كانت عدد ذراتها فردي فاننا نوازنها باخذ العدد الفردي نفسه ونضع تحته رقم 2 اما الفسفور اذا كان عدد ذراته لا يقبل القسمة على ٤ نضع الرقم في المركب نفسه ونضع تحته رقم4

٤ نضع الحالة الفيزيائية كل عنصر التي يوجد فيها باثبت صورة امام العنصر

مثال اضافي ٨ اكمل مع الموازنة المعادلات ادناه (تابعة لموضوع انثالبي الاحتراق القياسية)

$$C_2H_{6(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow$$

$$CH_3OH_{(l)} + O_{2(g)} \longrightarrow$$

$$C_6H_5OH_{(l)} + O_{2(g)} \longrightarrow$$

$$C_3H_7COOH_{(l)} + O_{2(g} \longrightarrow$$

مثال اضافي٩ احسب التغير في انثالبي التكوين القياسية (H_2O) وانثالبي الاحتراق القياسية (H_2) في التفاعل التالي

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)} \qquad \Delta H°r = -572\ kJ$$

اثرائيات الخاصة في موضوع قياسي انثالبي التفاعل (هيس – بالاعتماد على انثالبيات التكوين

مثال اضافي ١٠ / دور اول ٢٠١٣/ احسب انثالبية التكوين القياسية لغاز CO اذا علمت ان حرارة تفككك CO_2 هي 394 Kj/mol وان حرارة التفاعل الاتي $\Delta H°r = -283\ kJ$ ل $CO + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CO_2$

الحل الاول باعتماد قانون هيس

المعادلة الهدف $C + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CO$

المعادلات المعطاة

١- معادلة تفكك غاز CO_2

$CO_2 \longrightarrow C + O_2 \quad \Delta H°r = +394\ kJ$

٢- المعادلة التالية

$CO + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CO_2 \quad \Delta H°r = -283\ kJ$

للحصول على المعادلة الهدف

نقوم بقلب المعادلة الاولى و الثانية

$C + O_2 \longrightarrow CO_2 \quad \Delta H°r = -394\ kJ$

$CO_2 \longrightarrow CO + \frac{1}{2}O_2 \quad \Delta H°r = +283\ kJ$

$C + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CO$

$\Delta H°r = -111\ Kj$

الحل الثاني باستخدام انثالبيات التكوين (واجب)

مثال اضافي ١١ / اذا كان لديك المعادلات الحرارية الآتية عند الظروف القياسية.

1) $SCl_2O_{(l)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow SO_{2(g)} + Cl_{2\,(g)} \quad \Delta H_r° = 10kJ$

2) $PCl_{3\,(l)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow PCl_3O_{\,(l)} \quad \Delta H_r° = -325kJ$

3) $P_{(s)} + \frac{3}{2}Cl_{2\,(g)} \longrightarrow PCl_{3\,(l)} \quad \Delta H_r° = -307\ kJ$

احسب $\Delta Hr°$ للتفاعل الآتي:-

$2P_{(s)} + 2SO_{2(g)} + 5Cl_{2(g)} \longrightarrow 2SCl_2O_{(l)} + 2PCl_3O_{\,(l)}$

الحل/ واجب الناتج سيكون -1284kJ

مثال اضافي١٢ / احسب قيمة التغير في المحتوى الحراري اللازمة لتحول مول واحد من الماس الى الكرافيت اذا علمت ان انثالبي الاحتراق للماس = 395.4 KJ/mol -

و ان انثالبي الاحتراق للكرافيت = 393.5 KJ/mol -

الحل / نكتب معادلة احتراق مول واحد لكل من الماس والكرافيت

$$C_{(dimond)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_2 \qquad \Delta H_r^\circ = \Delta H_c^\circ = -395.4\ KJ/mol$$

$$C_{(graphit)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_2 \qquad \Delta H_r^\circ = \Delta H_c^\circ = -393.5\ KJ/mol$$

للحصول على معادلة تحول الماس الى كرافيت تبقى الاولى كما هي ونقلب الثانية

$$C_{(dimond)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_2 \qquad \Delta H_r = -395.4\ KJ/mol$$

$$CO_2 \longrightarrow C_{(graphit)} + O_{2(g)} \qquad \Delta H_r = +393.5\ KJ/mol$$

$$C_{(dimond)} \longrightarrow C_{(graphit)} \qquad \Delta H_r = -1.9\ KJ/mol$$

مثال اضافي١٣ / يحترق البيوتان C_4H_{10} فيعطي CO_2 وسائل الماء ويبعث حرارة مقدارها -2878 Kj/mol بينما يحترق ليعطي CO_2 وبخار الماء ويبعث حرارة مقدارها -2658 Kj/mol

احسب حرارة تبخر الماء؟ واجب الجواب الصحيح +44KJ/mol

مثال اضافي١٤ / احسب حرارة تسامي الثلج اذا توفرت لديك المعلومات التالية

انثالبي الانصهار للثلج = 6Kj/mol   انثالبي التبخر للماء = 44Kj/mol

امثلة اخرى على تطبيقات معادلة كبس

يسيل غاز النتروجين بالتبريد

سقوط الامطار في فصل الشتاء

عدم حدوث الندى في فصل الصيف

لا ينصهر الثلج في درجات الحرارة المنخفضة

2017

ـ مساعد الطالب في ـ

الكيمياء

الصف السادس العلمي
الفرع الاحيائي

الفصل الثاني

الاستاذ : مهند السوداني

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿وقل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون﴾

انطلاقا من قول المصطفى (ص): ((زكاة العلم نشرهُ وتعليمهُ))

تضع شبكة مواقع رحلة التفوق في السادس التعليمية التربوية الخيرية بين ايديكم احدى اعمالها من ملازم مرحلة السادس الأعدادي هذه المرحلة الهامة والمصيرية في حياة اعزائنا الطلبة وخاصة المتعففين منهم ولمن يتعذر عليه اقتناء هذه المساعدات المدرسية في محافظاتنا العراقية العزيزة بهدف النهوض وتطوير الواقع التعليمي ولو بالجزء اليسير.

إذ أن شبكتنا لاتقتصر على نشر الملازم المدرسية فقط أنما تقوم بنشر الدروس المرئية المجانية لأكفأ التدريسيين بالأضافة الى مجموعة قنواتنا التدريسية وكذلك الأرشادات والنصائح وطرق الدراسة الصحيحة هذا من جهة. أما من جهة أخرى فهو كسر لشوكة بعض المحسوبين على الكادر التدريسي ممن يرفضون نشر ملازمهم والتعاون مع ابنائهم الطلبة ليأخذوا من المال هدفا أهم ويتناسوا مصلحة الطالب والواقع التعليمي المتدني.

علماً ان كادر الشبكة والقائمين عليها هم مجموعة من الشباب العراقي الواعي المثقف بالأضافة الى تعاون بعض المدرسين الكرام كما واننا غير تابعين لأي جهة كانت رسمية او غير رسمية انما سر تجمعنا وعملنا هو خيري بحت آملين من الله عز وجل ان يوفقنا لتقديم كل ما هو صالح لشعبنا و وطننا الحبيب.

كادر شبكة رحلة التفوق في السادس

٢٠١٥/٨/٢١

ا.د : اشرف الوائلي

ا.د : مينا الاحمد

2 -1 التفاعلات غير الانعكاسية والتفاعلات الانعكاسية

التفاعل الكيميائي : هو عملية تتحول فيها مادة واحدة او اكثر الى مواد جديدة تختلف في صفاتها عن المادة التي تفاعلت في البداية.

المعادلة الكيميائية: هي التعبير عن التفاعل الكيميائي وهي اختصار علمي يمثل التحول الحاصل في المواد المتفاعلة للحصول على المواد الناتجة ويمثل السهم في المعادلة اتجاه التفاعل.

تقسم التفاعلات الكيميائية حسب اتجاه التفاعل الى

١- **التفاعلات غير الانعكاسية:** وهي التفاعلات الكيميائية والتي يتم فيها (عند ظروف معينة استهلاك احد او جميع المواد المتفاعلة استهلاكا تاما ولا يمكن للمواد الناتجة عند ظروف التفاعل نفسها القدرة على ان تتفاعل لتكوين المواد التي تكونت منها. مثل أحتراق بنزين السيارات. (التامة)

أمثلة على تفاعلات غير انعكاسية

$$NaOH + HCl \longrightarrow 2NaCl + H_2O$$

٢- **التفاعلات الانعكاسية:** وهي التفاعلات التي يتم فيها تحول المواد المتفاعلة الى نواتج في بداية التفاعل ويكون للمواد الناتجة المقدرة على ان تتفاعل مع بعضها لتكوين المواد التي تكونت منها مرة أخرى (غير التامة)

أمثلة على تفاعلات انعكاسية.

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

او تغيرات فيزيائية مثل تبخر الماء (في نظام مغلق).

$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2O_{(g)}$$

2 -2 التفاعلات الانعكاسية و حالة الاتزان

كما وضحنا ان اغلب التفاعلات الانعكاسية تستمر باتجاهين متعاكسين بظروف التفاعل نفسها مثلا عند ظروف مناسبة يتفاعل غاز H_2 مع غاز N_2 لتكوين غاز الامونيا في بداية هذا التفاعل يكون التفاعل أمامي سريعا وهو تفاعل سريع يرمز R_f باتجاه تكوين الامونيا بمرور الوقت وبزيادة تركيز الامونيا تتحلل الامونيا الناتجة لتكوين غاز الهيدروجين والنتروجين بسرعة مقدارها R_b (سرعة التفاعل الخلفي) يستمر كل التفاعلين بالاتجاهين المتعاكسين حتى يصل التفاعل الى حالة معينة تتساوى عندها سرعتي التفاعل الامامي والخلفي ($R_f = R_b$) فيصل التفاعل الى حالة تدعى بحالة الاتزان الكيميائي

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \underset{kb}{\overset{kf}{\rightleftharpoons}} 2NH_{3(g)}$$

حيث k_f تمثل ثابت سرعة التفاعل الأمامي و K_b تمثل ثابت سرعة التفاعل الخلفي

- *تظهر التفاعلات التي تصل حالة اتزان انها توقف لكنها في الحقيقة لا تزال مستمرة في الاتجاهين وعليه يعرف الاتزان الكيميائي بالتعريف ادناه*

الاتزان الكيميائي : هي حالة اتزان ديناميكي (حركي) وليست حالة اتزان ستاتيكي(ساكن) اي ان التفاعل مستمر وبكلا الاتجاهين الأمامي والخلفي بالمقدرة والسرعة ذاتها.

3-2 التفاعلات الانعكاسية المتجانسة وغير المتجانسة

التفاعلات الانعكاسية المتجانسة : - هي التفاعلات التي يكون فيها المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في طور واحد وهي تجري دائما في نظام مغلق. ومن الامثلة عليها.

$$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$$

التفاعلات الانعكاسية غير المتجانسة : - هي التفاعلات التي يكون فيها المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في طور مختلف وهي تجري دائما في نظام مغلق. ومن الامثلة عليها.

$$2Hg_{(l)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2HgO_{(s)}$$

4-2 حالة الاتزان وقانون فعلة الكتلة

عند خلط مول واحد من غاز الهيدروجين مع مول واحد من غاز اليود في اناء التفاعل لتكوين غاز يوديد الهيدروجين عند 445C ° فالمفروض ان يتكون 2 مول من غاز يوديد الهيدروجين.

$$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$$

لكن وجد عمليا ان الخليط في حالة الاتزان الديناميكي يحتوي 78% من غاز يوديد الهيدروجين و11% من غازي اليود والهيدروجين وبالعكس ايضا اذا سخن غاز HI يعطي الخليط نفس النسب.

اي هناك علاقة بين سرعة التفاعل الكيميائي وتراكيز المواد تعرف بقانون فعل الكتلة

قانون فعل الكتلة : ***عند ثبوت درجة الحرارة فان سرعة التفاعل الكيميائي في اي اتجاه كان تتناسب طرديا مع التراكيز المولارية للمواد المتفاعلة والناتجة مرفوع الى اس يمثل عدد المولات الموضوع امام كل مادة في المعادلة الكيميائية.***

وعند تطبيق قانون فعل الكتلة وللتفاعل اعلاه

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \underset{kb}{\overset{kf}{\rightleftharpoons}} 2NH_{3(g)}$$

يمكن التعبير عن سرعة التفاعل الأمامي وسرعة التفاعل الخلفي رياضيا وحسب قانون فعل الكتلة كالاتي

$$R_f = K_f \, [N_2]\,[H_2]^3$$

$$R_b = K_b \, [NH_3]^2$$

5-2 ثابت الاتزان

اشتقاق معادلة ثابت الاتزان

لنفرض لدينا التفاعل الانعكاسي المتزن الاتي.

$$aA + bB \rightleftharpoons gG + hH$$

عند تطبيق قانون فعل الكتلة بالنسبة للتفاعل الأمامي نجدا ان

$$R_f = K_f [A]^a[b]^b \qquad (1)$$

اما عند تطبيق قانون فعل الكتلة بالنسبة للتفاعل الخلفي نجدا ان

$$R_b = K_b [G]^g[H]^h \qquad (2)$$

عند حصول الاتزان فان سرعة التفاعل الامامي = سرعة التفاعل الخلفي وعليه

$$K_f [A]^a[b]^b = K_b [G]^g[H]^h \qquad (3)$$

وبترتيب معادلة 3 يمكن الحصول على العلاقة التالية.

$$\frac{K_f}{K_b} = \frac{[G]^g[H]^h}{[A]^a[B]^b} \qquad (4)$$

ان قسمة ثابت قيمة k_f على قيمة ثابت k_b هو مقدار ثابت اخر يعرف بثابت الاتزان K_{eq} لذا تصبح معادلة 4 بهذا الشكل.

$$K_{eq} = \frac{[G]^g[H]^h}{[A]^a[B]^b} \qquad (5)$$

س/ عرف ثابت الاتزان K_{eq}

ثابت الاتزان K_{eq} : هو النسبة بين ثابت تناسب سرعة التفاعل الأمامي وثابت تناسب سرعة التفاعل الخلفي.

ثابت الاتزان بدلالة التراكيز المولارية K_c	ثابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزيئية K_p
حاصل ضرب التراكيز المولارية للمواد الناتجة عند الاتزان مقسوما على حاصل ضرب التراكيز المولارية للمواد المتفاعلة كل منها مرفوع لاس عدد مولاتها في معادلة التفاعل الموزونة.	حاصل ضرب الضغوط الجزيئية للمواد الناتجة عند الاتزان مقسوما على حاصل ضرب الضغوط الجزيئية للمواد المتفاعلة كل منها مرفوع لاس عدد مولاتها في معادلة التفاعل الموزونة.
$K_c = \frac{[G]^g[H]^h}{[A]^a[B]^b} \qquad (6)$	$K_p = \frac{P_G^g \times P_H^h}{P_A^a \times P_B^b} \qquad (7)$

مثال (2 -1) للتفاعل المتزن الاتي

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \underset{k_b}{\overset{k_f}{\rightleftharpoons}} 2NH_{3(g)}$$

وجد ان ثابت سرعة التفاعل الأمامي k_f يساوي 0.11 وثابت سرعة التفاعل الخلفي k_b يساوي 0.05 احسب ثابت الاتزان K_{eq}

الحـــــــل/

$$K_{eq} = \frac{K_f}{K_b} = \frac{0.11}{0.05} = 2.2$$

تمرين (2 -1) تفاعل ما متزن ثابت الاتزان له K_{eq} يساوي 4.24 وثابت سرعة التفاعل الامامي الخلفي له $k_b = 0.02$ احسب ثابت سرعة التفاعل الأمامي k_f

الحـــــــل/

$$K_{eq} = \frac{K_f}{K_b} \Longrightarrow k_f = k_{eq} \times k_b$$

$$k_f = 4.24 \times 0.02 = 0.0848$$

ملاحظات مهمة جدا جدا .□

- في التفاعلات المتجانسة من الطور الغازي يجب ان يشتمل ثابت الاتزان (Kp و Kc) على جميع المواد.
- في التفاعلات غير المتجانسة والتي تحتوي مواد بأكثر من طور فتحذف تهمل المواد الصلبة والمواد السائلة بالنسبة ل Kc وتبقى الغازية والمحاليل المائية.

بينما ل Kp فتهمل الصلبة والسائلة وحتى المحاليل المائية.□

مثال عام 1 اكتب ثابت الاتزان بدلالة التراكيز وبدلالة الضغوط الجزيئية.□

$$2A_{(g)} + 3B_{(l)} \rightleftharpoons C_{(aq)} + 3D_{(s)}$$

$$K_c = \frac{[C]}{[A]^2} \qquad K_p = \frac{1}{P_A^2}$$

مثال عام 2 اكتب ثابت الاتزان بدلالة التراكيز وبدلالة الضغوط الجزيئية.

$$2A_{(g)} + 2B_{(g)} \rightleftharpoons C_{(aq)} + 2D_{(g)}$$

$$K_c = \frac{[C][D]^2}{[A]^2[B]^2} \qquad K_p = \frac{P_D^2}{P_A^2 \times P_B^2}$$

مثال (3-2) اكتب ثابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزيئية للتفاعلات التالية

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

$$2Hg_{(l)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2HgO_{(s)}$$

الحــــــــــــل/

$$K_p = \frac{P^2_{NH_3}}{P_{N_2} X \ P^3_{H_2}} \quad , \quad K_p = \frac{1}{P_{O_2}}$$

تمرين (2-2) اكتب ثابت الاتزان بدلالة التراكيز المولارية والضغوط الجزيئية للتفاعلات التالية

$$2CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)} + O_{2(g)}$$

$$3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2O_{3(g)}$$

$$CO_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons COCl_{2(g)}$$

$$H_2O_{(g)} + C_{(s)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_{2(g)}$$

$$2ZnS_{(S)} + 3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2ZnO_{(S)} + 2SO_{2(g)}$$

$$C_6H_5COOH_{(aq)} \rightleftharpoons C_6H_5COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$

$$2NO_{2(g)} + 7H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + 4H_2O_{(g)}$$

رقم التفاعل	K_c	K_p
الاول	$K_c = \frac{[O_2][CO]^2}{[CO_2]^2}$	$K_p = \frac{P^2_{CO} \ X \ P_{O2}}{P^2_{CO2}}$
الثاني (واجب)		
الثالث	$K_c = \frac{[COCl_2]}{[CO][Cl_2]}$	$K_p = \frac{P_{COCl_2}}{P_{CO} \ X \ P_{Cl2}}$
الرابع(واجب)		
الخامس	$K_c = \frac{[SO_2]^2}{[O_2]^3}$	$K_p = \frac{P^2_{SO2}}{P^3_{O2}}$
السادس	$K_c = \frac{[C_6H_5COO^-][H+]}{[C_6H_5COOH]}$	1 (لان جميع المحاليل مائية)
السابع(واجب)		

6-2 حساب ثابت الاتزان ☐

هناك 4 أنواع من المسائل لحساب ثابت الاتزان.

النوع الاول : ـ تكون جميع تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة معلومة حيث يتم تعويض هذه القيم في علاقة ثابت الاتزان للتفاعل المعين عند درجة حرارة ثابتة (ان اي تفاعل في حالة اتزان ويجري عند درجة حرارة ثابتة تكون قيمة Keq ثابتة مهما تغيرت تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة).

مثال (2 -4) جد قيمة Keq للتفاعل الاتي :

ملاحظة☐
لانه اعطى تراكيز كتبنا بالقانون K_c بدل من K_{eq}

$$2CH_{4(g)} \rightleftharpoons C_2H_{2(g)} + 3H_{2(g)}$$

اذا علمت ان تراكيز في درجة حرارة معينة عند حصول الاتزان هي

$[CH_4] = 0.02M$, $[C_2H_2] = 0.05M$, $[H_2] = 0.143M$☐

الحل / بما انه معطى تراكيز لذا سنستخدم علاقة K_c

$$K_c = \frac{[C_2H_2][H_2]^3}{[CH4]^2} \qquad K_c = \frac{(0.05)(0.143)^3}{(0.02)^2} = 0.365$$

تمرين (2 -3) جد قيمة Keq للتفاعل الاتي :

$$2NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)}$$

اذا علمت ان تراكيز في درجة حرارة معينة عند حصول الاتزان هي

$[NO_2] = 0.017M$, $[N_2O_4] = 0.002M$

الحل / بما انه معطى تراكيز لذا سنستخدم علاقة K_c

$$K_c = \frac{[N_2O_4]}{[NO2]^2} \qquad K_c = \frac{(0.002)}{(0.017)^2} = 6.92$$

مثال اضافي/١ للتفاعل التالي

$$2CH_{4(g)} \rightleftharpoons C_2H_{2(g)} + 3H_{2(g)}$$

اذا علمت ان ثابت الاتزان = 8 وان تراكيز كل من الاستيلين 0. 4M والميثان 0.02M عند الاتزان جد تركيز غاز الهيدروجين عند الاتزان

/ الجواب (0.2)

النوع الثاني : - تكون قيمة ثابت الاتزان معلومة وتعطى تراكيز او ضغوط جزيئية ابتدائية للمواد المتفاعلة ومطلوب تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة عند حصول الاتزان (توجد أمثلة يعطي النهائية ويريد الابتدائية).لذا يجب التميز بين التراكيز والضغوط الابتدائية والنهائية.

مثال (2 -5) للتفاعل الاتي

$$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$$

خلط 0.5 مول من H_2 و 0.5 مول من I_2 في وعاء حجمه لتر واحد وبحرارة 430 وصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد ان ثابت الاتزان Kc لهذا التفاعل = 5.29 احسب التراكيز التي تمثل مزيج الاتزان.

علما ان $\sqrt{5.29} = 2.3$

الحـــــــل/

$$M = \frac{n}{V(L)} = \frac{0.5\ mol}{1L} = 0.5\ M$$

$H_{2(g)}$	+ $I_{2(g)}$	$\rightleftharpoons 2HI_{(g)}$
0.5	0.5	0
-X	-X	+2X
0.5 – X	0.5 – X	2X

$$K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}$$

$$5.29 = \frac{[2X]^2}{[0.5 - X][0.5 - X]}$$

$$5.29 = \frac{[2X]^2}{[0.5 - X]^2}$$ نجذر الطرفين

$$2.3 = \frac{[2X]}{[0.5 - X]}$$

⟹ 2X = 1.15 – 2.3X

4.3 X = 1.15

⟹ $$X = \frac{1.15}{4.3} = 0.267\ M$$

لذا التراكيز عند الاتزان

$[H_2] = [I_2] = 0.500 – 0.267 = 0.233M$

, $[HI] = 2 \times 0.267 = 0.534M$

تمرين (2 -4) للتفاعل الاتي

$$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr_{(g)}$$

وضع 0.4 مول من H_2 و 0.4 مول من Br_2 في وعاء حجمه لتر واحد وبحرارة 425 وصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد ان ثابت الاتزان Kc لهذا التفاعل = 0.25 احسب التراكيز التي تمثل مزيج الاتزان.

الحـــــــل/

$$M = \frac{n}{V(L)} = \frac{0.4\ mol}{1L} = 0.4\ M$$

$H_{2(g)}$	+ $Br_{2(g)}$	$\rightleftharpoons 2HBr_{(g)}$
0.4	0.4	0
-X	-X	+2X
0.4 – X	0.4 – X	2X

$$K_c = \frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]}$$

$$0.25 = \frac{[2X]^2}{[0.4 - X][0.4 - X]}$$

$$0.25 = \frac{[2X]^2}{[0.4 - X]^2}$$ نجذر الطرفين

$$0.5 = \frac{[2X]}{[0.4 - X]}$$

⟹ 2X = 0.2 – 0.5X

2.5 X = 0.2

⟹ $$X = \frac{0.2}{2.5} = 0.08\ M$$

لذا التراكيز عند الاتزان

$[H_2] = [Br_2] = 0.40 – 0.08 = 0.32M$

, $[HBr_2] = 2 \times 0.08 = 0.16M$

امثلة اضافية عن النوع الثاني

مثال اضافي٢/ للتفاعل التالي المتزن

$$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$$

في وعاء حجمه 1 لتر خلط 3atm من غاز H_2 ومثلها من غاز I_2 وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان قيمة ثابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزيئية $=10^4$ جد الضغوط الجزيئية عند الاتزان.

الحـــــــل/

$H_{2(g)}$	+	$I_{2(g)}$	$\rightleftharpoons$	$2HI_{(g)}$
3		3		0
-X		-X		+2X
3 – X		3 – X		2X

$$K_P = \frac{P_{HI}^2}{P_{H2} \times P_{I2}}$$

$$10^4 = \frac{(2X)^2}{(3-X)(3-X)}$$

$$10^4 = \frac{(2X)^2}{(3-X)^2}$$ نجذر الطرفين

$$100 = \frac{2X}{3-X}$$

$$2X = 300 - 100X$$

$$102X = 300$$

$$X = \frac{300}{102} = 2.94 \text{ atm}$$

لذا الضغوط عند الاتزان

$$P_{H2} = P_{I2} = 3 - 2.94 = 0.06 \text{atm}$$

$$P_{HI} = 2 \times 2.94 = 5.88 \text{ atm}$$

مثال اضافي٣/ للتفاعل التالي الغازي الافتراضي

$$A + B \rightleftharpoons 2C$$

وضع 3 مول من A و 3 مول من B في وعاء حجمه 1.5لتر وبحرارة معينة وصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد ان ثابت الاتزان Kc لهذا التفاعل = 25 احسب التراكيز التي تمثل مزيج الاتزان.

الاجوبة [A] =[B] =0.57 [C] =2.86

الحـــــــل/

مخطط مهم جدا قبل الدخول الى النوع الثالث والرابع

لنفرض التفاعل التالي

$$A_{(g)} + 3B_{(g)} \rightleftharpoons 2C_{(g)}$$

	$A_{(g)}$	$3B_{(g)}$	$2C_{(g)}$	
وضع – سخن – مزج – ادخل ـ قبل التفاعل او التفكك	M	M	0	
ما تفكك – ما تحلل – ما استهلك – ناتج النسبة المئوية	-X	-3X	+2X	قد زاد بمقدار
	M-X	M-3X	2X	

المتبقي او ما تبقى في الاناء او وجد انه ما تبقى ـــــ المتكون او الناتج

اما عبارة جد تراكيز خليط الاتزان او تراكيز الاتزان او التراكيز النهائية فتعني كل التراكيز في الفرضية الثالثة مجهولة.

ملاحظات في غاية الاهمية

١ـ اذا كان السؤال للضغوط نفس المخطط تماما فقط نضع قيم الضغوط بدل قيم التراكيز.

٢ـ المخطط كما موضح من 3صفوف الاول يدعي الفرضية الاولى والثاني الفرضية الثانية والثالث الفرضية الثالثة.

٣ـ اذا ذكر احسب (تراكيز) (عدد مولات) – ضغوط جزيئية خليط مزيج الاتزان هذا يعني حساب التراكيز النهائية اوالضغوط النهائية عند الاتزان (الفرضية الثالثة).

٤ـ اذا ذكر (خلط – وضع – ادخل – سخن – مزج – تراكيز ابتدائية – قبل التفكك ـ) يعني ان قيم المواد المعطاة في السؤال او احيانا المطلوبة هي قيم التراكيز الابتدائية (الفرضية الاولى).

٥ـ اذا ذكر كلمة استهلك بمقدار – تفكك – تحلل – ناتج نسبة مئوية للتحلل) معناه التغير في التراكيز او الضغوط . الفرضية الثانية.

٦ـ عند ذكر المتبقي من المتفاعلات او ما تبقى في الاناء او وجد انه ما تبقي في الاناء يعني التراكيز النهائية للمتفاعلات وفي حالة ذكر كلمة المتكون او نتج او ما تكون يعني التراكيز النهائية للنواتج (الثالثة).

٧ـ عدد المولات الكلية يمثل مجموع عدد المولات عند الاتزان للمواد الناتجة او المتفاعلة.

$$n_T = n_1 + n_2 + n_3 + ...$$

٨ـ الضغط الكلي يمثل مجموع الضغوط الجزئية النهائية عند للاتزان للمواد المتفاعلة والناتجة.

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + ...$$

ابحث عن اشارات في كل نوع من انواع الثالث وهذه الاشارات هي من سيحل اي سؤال وهي تدل على الاكثر انه نوع ثالث الاشارات هي ١ـ ما تفكك او تحلل او استهلك ٢ـ المتبقي او ما تبقى ٣ـ المتكون او الناتج ٤ـ الضغط الكلي او عدد المولات الكلية ٥ـ ثابت الاتزان K_c او K_p ٦ـ النسبة المئوية للمستهلك(اشارة خاصة بالنوع الرابع)

في اسئلة توجد اكثر من اشارة من الاشارات اعلاه حاول ان تعرف ممن تستفيد اولا وكل اشارة لها دور في حل السؤال.

تذكر – هذه الملاحظة (سيدة الملاحظات) لا يتم انزل قانون ثابت الاتزان الا بعد التأكد من ان كل التراكيز النهائية معلومة هذا اذا كان الثابت مجهول اما اذا كان معلوم فلا يتم انزل القانون الا اذا كان تركيز نهائي واحد مجهول.

مثال (2 -6) في أحدى التجارب العلمية ادخل 0.625mol من غاز N_2O_4 في وعاء سعته 5L فتفكك الغاز حسب التفاعل ادناه وعند الوصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد ان تركيز N_2O_4 المتبقي= 0.025M أحسب قيمة Kc لهذا التفاعل

$$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$$

الحـــــــــــــل/ نحسب أولا التركيز الابتدائي للمتفاعل.

$$M = \frac{n}{V(L)} = \frac{0.625\ mol}{5L} = 0.125\ M$$

$N_2O_{4(g)}$	$\rightleftharpoons$	$2NO_{2(g)}$
0.125		0
- X		+2X
0.125 – X (0.025)		+2X

من معطيات السؤال التركيز النهائي ل $[N_2O_4]$ عند الاتزان = 0.025 وعليـــــــــــــــــــــه

$0.125 – X = 0.025 \Rightarrow X = 0.125 – 0.025 = 0.1\ M$

$[NO_2] = 2 \times 0.1 = 0.2M$

$$K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} \qquad Kc = \frac{[0.2]^2}{[0.025]} = 1.6$$

تمرين (2 -5) للتفاعل الاتي

$$2CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)} + O_{2(g)}$$

وضع في وعاء حجمه لتر واحد 0.8 مول من غاز CO_2 وبدرجة حرارة معينة وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد ان نصف كمية الغاز قد استهلكت أحسب K_c .

الحـــــــــــــل/ نحسب أولا التراكيز الابتدائية للمتفاعلات.

$$M = \frac{n}{V(L)} = \frac{0.8\ mol}{1L} = 0.8\ M$$

$2CO_{2(g)}$	$\rightleftharpoons$	$2CO_{(g)}$	+	$O_{2(g)}$
0.8		0		0
-2X		+2X		+ X
0.8 – 2X		2X		X

من معطيات السؤال ان نصف كمية غاز CO_2 قد استهلكت وعليه هذا يعني يمكن ايجاد قيمة X كالاتي

$2X = \frac{1}{2}(0.8) \Rightarrow 2X = 0.4 \Rightarrow X = 0.2M$

وعليه التراكيز عند الاتزان كالاتي

$[CO_2]=0.8 – 2 \times 0.2 = 0.4M \quad [CO] = 2 \times 0.2 = 0.4M \quad [O_2] = 1 \times 0.2 = 0.2M$

$$K_c = \frac{[CO]^2[O2]}{[CO]^2} \qquad K_c = \frac{[0.4]^2[0.2]}{[0.4]^2} = 0.2$$

تمرين (2 -6) للتفاعل الاتي $2NH_{3(g)} \rightleftharpoons 3H_{2(g)} + N_{2(g)}$

وضعت مولات مختلفة من H_2 و N_2 في اناء سعته لتر واحد وعند وصول الى حالة الاتزان وجد ان ما استهلك من H_2 يساوي 0.3 وما تبقى من N_2 = 0.2 ما عدد مولات كل من H_2 و N_2 قبل التفاعل علما ان ثابت الاتزان Kc = 200

الحـــــــل/ بما ان الحجم 1L لذا فالتركيز المولاري = عدد المولات.

$3H_{2(g)}$	$+ N_{2(g)}$	$\rightleftharpoons$	$2NH_{3(g)}$
a	b		0
-3X	-X		+2X
a-3X	b-X		2X

من معطيات السؤال نلاحظ ان مقدار ما استهلك من H_2 – 0.3 وعليه

$3X = 0.3 \longrightarrow X = 0.1$

ما تبقى من N_2 = 0.2 وعليه

$b-X = 0.2 \longrightarrow b-0.1 = 0.2 \longrightarrow b=0.3\ mol$

وعليه عدد مولات N_2 في بداية التفاعل = 0.3mol

نستخرج قيمة a من قيمة ثابت الاتزان حيث التراكيز النهائية هي كالاتي

$[H_2] = a - 0.3$ $\quad [N_2] = 0.2M$ $\quad [NH_3] = 2 \times 0.1 = 0.2M$

$$K_c = \frac{[NH3]^2}{[H2]^3[N2]} \longrightarrow 200 = \frac{[0.2]^2}{[a-0.3]^3[0.2]} \longrightarrow 200 = \frac{[0.2]}{[a-0.3]^3}$$

$[a-0.3]^3 = \frac{0.2}{200} \longrightarrow [a-0.3]^3 = 0.001$ وبالجذر التكعيبي

$a - 0.3 = 0.1 \longrightarrow a = 0.4\ mol$

مثال (2 -7) للتفاعل الغازي الاتي

$2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$

وفي وعاء مغلق حجمه لتر واحد وجد ان ضغط غاز SO_3 قبل تفككه = 3atm عند حرارة معينة بلغ التفاعل حالة الاتزان فوجد ان الضغط الكلي = 4atm احسب Kp للتفاعل عند الاتزان.

$2SO_{3(g)}$	$\rightleftharpoons$	$2SO_{2(g)}$	$+ O_{2(g)}$
3		0	0
-2X		+2X	+X
3 - 2X		2X	X

الضغط الكلي ليس له علاقة بعدد المولات

$P_T = P_{SO3} + P_{SO2} + P_{O2}$

$4 = 3 - 2X + 2X + X$

$4 = 3 + X \longrightarrow X = 1atm$

وعليه الضغوط عند حالة الاتزان

$P_{SO3} = 3-2X = 3-2 = 1atm$ $\quad P_{SO2} = 2X = 2atm$ $\quad P_{O2} = 1X = 1atm$

$$K_p = \frac{P^2_{SO2} \times P_{O2}}{P^2_{SO3}} \qquad K_p = \frac{2^2 \times 1}{1^2} = 4$$

النوع الرابع: - يعطي قيمة التراكيز الابتدائية ويعطي قيمة للمتحلل او المتفكك بالنسبة المئوية (التغير في التركيز) ويطلب ثابت الاتزان؛ حيث نستخدم هذا القانون

$$\text{النسبة المئوية للمتفكك من Y} = \frac{\text{المتحلل من Y}}{\text{التركيز الابتدائي Y}} \times 100\%$$

مسائل الفصل الخاصة بالنوع الرابع / النسبة المئوية

سؤال(2-18) من اسئلة الفصل للتفاعل المتزن

$$A_{2(g)} \rightleftharpoons 2A_{(g)}$$

وجد انه عند وضع مول من A_2 في اناء تفاعل حجمه لتر عند ظروف قياسية يصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد انه يتحلل 1% من A_2 ما قيمة Kc للتفاعل.

وما تركيز A الذي يكون في حالة اتزان مع 0.01M من A_2 عند نفس الظروف؟

بما ان الحجم 1L فعدد المولات = التراكيز المولارية

$$\text{النسبة المئوية للمتحلل من } A_2 = \frac{\text{المتحلل من } A_2}{\text{التركيز الابتدائي}} \times 100\%$$

$$1\% = \frac{\text{المتحلل من } A_2}{1M} \times 100\%$$

$$\text{المتحلل من } A_2 = \frac{1}{100} = 0.01M = X$$

$A_{2(g)}$	$\rightleftharpoons$	$2A_{(g)}$
1		0
- X		+2X
1- X		2X

وعليه التراكيز النهائية

$[A_2] = 1- 0.01= 0.99M$

$[A] = 2 \times 0.01 = 0.02$

$$K_c = \frac{[A]^2}{[A_2]} \qquad K_c = \frac{[0.02]^2}{[0.99]} = 4 \times 10^{-4}$$

لايجاد تركيز A نستخدم قيمة Kc

$$4 \times 10^{-4} = \frac{[A]^2}{[0.01]} \quad \text{نجذر الطرفين}$$

$$2 \times 10^{-2} = \frac{[A]}{[0.1]}$$

$\Rightarrow [A] = 2 \times 10^{-2} \times 0.1 = 0.002M$

من يريد تراكيز جديدة لمتفاعل او ناتج ويعطي تراكيز جديدة كافة التراكيز السابقة في السؤال تهمل فقط نستفاد من قيمة ثابت الاتزان

سؤال(2- 27) من اسئلة الفصل

اذا كانت درجة تفكك مول واحد من N_2O_4 الى NO_2 هي 20% عند درجة حرارة 27 وضغط 1atm وفي اناء حجمه 1L احسب قيمة Kp للتفاعل.

الحـــــل/

$n = [M]$ لان الحجم $= 1L$

$$\text{النسبة المئوية للمتفكك من } N_2O_4 = \frac{\text{المتفكك من N2O4}}{\text{التركيز الابتدائي N2O4}} \times 100\%$$

$$20\% = \frac{\text{المتفكك من N2O4}}{1} \times 100\%$$

$$\text{المتفكك} = \frac{20}{100} = 0.2M = X$$

$N_2O_{4(g)}$	$\rightleftharpoons$	$2NO_{2(g)}$
1		0
-X		+2X
1 - X		2X

وعليه التراكيز النهائية

$[N_2O_4] = 1 - 0.2= 0.8M$

$[NO] = 2 \times 0.2= 0.4M$

$$K_c = \frac{[NO]^2}{[N2O4]} \quad K_c = \frac{[0.4]^2}{[0.8]} = 0.2$$

لايجاد قيمة K_p نستخدم العلاقة التالية.

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta ng}$$

TK= 27 + 273 = 300 K

$\Delta ng = 2- 1 = 1$

$K_p = K_c (RT)^{\Delta ng}$

Kp = 0.2 (0.082 X 300) = 4.92

مثال اثرائي/ للتفاعل الغازي $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$

وضع 6mol من N_2 مع 8mol من H_2 في وعاء حجمه 2L وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان النسبة المئوية للمتحلل من H_2 هي 75% أحسب

١) التراكيز النهائية عند الاتزان ٢) قيمة Kc ٣) النسبة المئوية للمتحلل من N_2

٤) ما تركيز NH_3 الذي يكون في حالة اتزان مع H_2 0.02M و 0.04M من N_2 ؟

الحـــل/

مسائل الفصل الخاصة بالانواع الثلاث الاولى

21-2 / في التفاعل المتزن الغازي

$PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons PCl_{5(g)}$

وجد ان ضغط PCl_3 الجزئي في الاناء المغلق ضعف ضغط Cl_2 الجزئي وعند وصول التفاعل الى موضع الاتزان بدرجة حرارة معينة وجد ان ضغط Cl_2 يساوي 1atm فاذا علمت ان $K_P = \frac{1}{6}$ فما ضغط غازي Cl_2 و PCl_3 بداية التفاعل؟

الحــــــل/

$PCl_{3(g)}$	+ $Cl_{2(g)}$	⇌ $PCl_{5(g)}$
2Y	Y	0
– X	– X	+ X
2Y –X	Y – X (1atm)	X

من معطيات السؤال ضغط Cl_2 =1atm وعليه

$Y – X = 1 \longrightarrow X = Y – 1$

وعليه ضغط PCl_3 عند الاتزان =

$P_{PCl3} = 2Y – X$

$P_{PCl3} = 2Y – (Y – 1)$

$P_{PCl3} = 2Y –Y + 1$

$P_{PCl3} = Y + 1$

وايضا ضغط PCl_5 عند الاتزان = Y-1

$$K_p = \frac{P_{PCl5}}{P_{PCl3} \times P_{Cl2}}$$

$$\frac{1}{6} = \frac{Y-1}{(Y+1) \times 1}$$

$6Y – 6 = Y + 1$

$5Y = 7$

$Y = \frac{7}{5} = 1.4$ atm = ضغط Cl_2 عند الاتزان

وعليه ضغط PCl_3 في بداية التفاعل

$= 2 \times 1.4 = 2.8$ atm

لماذا استخدمنا X بدلالة Y وليس العكس؟

نصيحة/ حينما يكون هناك مجهولين في الفرضية وتريد استخراج احدهما بدلالة الاخر تذكر يفضل الاستخراج بدلالة من يكون بمفرده بالمعادلة الفرضية.

24-2 في التفاعل المتزن

$CO_{2(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_2O_{(g)}$

وفي أثناء حجمه لتر واحد تم خلط مولات متساوية من CO_2 و H_2 وبحرارة 2000K وصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد ان عدد المولات الكلية لخليط الغازات عند الاتزان = 3mole ما تراكيز خليط الاتزان علما ان ثابت الاتزان Kc يساوي4؟

الحــــــل/

لان الحجم 1 لتر M = n

$CO_{2(g)}$	+ $H_{2(g)}$	⇌ $CO_{(g)}$	+ $H_2O_{(g)}$
Y	Y	0	0
-X	-X	+X	+X
Y – X	Y – X	X	X

بما ان اعطى nT فيمكن القول

$n_T = n_{CO2} + n_{H2} + n_{CO} + n_{H2O}$

$3 = (Y – X) + (Y-X) + X + X$

$3 = 2Y$

$Y = \frac{3}{2} = 1.5$ mol = 1.5M

$$K_c = \frac{[CO][H_2O]}{[CO_2][H_2]}$$

$4 = \frac{X^2}{(1.5-X)^2}$ نجذر الطرفين

$$2 = \frac{X}{(1.5-X)}$$

$X = 3 – 2X$

$\longrightarrow 3X = 3$

$X = 1M$

وعليه التراكيز عند الاتزان

$[H_2] =[CO_2] = 1.5 – 1 = 0.5M$

$[CO] =[H_2O] = 1$ M

اكتب هنا ملاحظه تخص السؤال اعلاه

١ـ تذكر لا يمكن انزال قانون الثابت اذا كان هناك مجهولين.

٢ـ حينما يعطي مولات كلية على الاغلب يكون الحجم لتر واحد.

26-2 / وضع 4g من غاز HF في وعاء مغلق حجمه 2L عند درجة حرارة 27c° وترك في الوعاء المغلق يتفكك حتى تم الاتزان الكيميائي

$$2HF_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + F_{2(g)}$$

فاذا Kp للتفاعل 1.21 احسب الضغط الجزئي لغاز HF عند الاتزان علما ان الكتلة المولية 20g/mol

الحل / نستخرج الضغط الابتدائي لغاز HF من قانون الغاز المثالي حيث

$$n = \frac{m}{M} = \frac{4\ g}{20\ g/mol} = 0.2mol$$

T = t(c) + 273 = 27 + 273 =300 K

V = 2L , R = 0.082 L.atm/ mol .K

PV = nRT

$$\Longrightarrow P = \frac{nRT}{V}$$

$$P = \frac{0.2\ mol\ X\ 0.082 L.atm/\ mol\ .K\ X\ 300K}{2L}$$

P = 2.46 atm الضغط الابتدائي لغاز HF

$2HF_{(g)}$	$\rightleftharpoons$	$H_{2(g)}$	+	$F_{2(g)}$
2.46		0		0
-2X		+ X		+X
2.46 – 2X		X		X

$$K_p = \frac{P_{H_2}\ X\ P_{F_2}}{P^2_{HF}}$$

$$1.21 = \frac{X^2}{(2.46-2X)^2}$$ نجذر الطرفين

$$1.1 = \frac{X}{(2.46-2X)}$$

X= 2.7 – 2.2X

3.2X =2.7

$$X = \frac{2.7}{3.2} = 0.84\ atm$$

P HF = 2.46 – (2 x 0.84)

= 2.46 – 1.68 = 0.78 atm الضغط النهائي

مثال اثرائي/ للتفاعل ادناه

$$2HBr_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + Br_{2(g)}$$

وضع 324g من غاز HBr كتلته المولية (81 g/mol) في وعاء حجمه 2L وعند الوصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد ان المتكون من غاز البروم 0.4M جد قيمة ثابت الاتزان؟

7-2 العلاقة بين ثابت الاتزان Kc و Kp

هناك علاقتين تربط بين ثابت الاتزان Kp وK_c وهما

$$K_p = K_c\,(RT)^{\Delta ng}$$

$$K_c = K_p\,(RT)^{-\Delta ng}$$

حيث R هي قيمة ثابت الغازات وهي = $\frac{0.082\ L.atm}{mol.k}$

T هي درجة حرارة الكلفن وهي = TK= (t °C + 273)

اما الرمز ∆ng فيستخرج من العلاقة التالية

$$\Delta ng = \sum n_g\,(P) - \sum n_g\,(R)$$

مجموع مولات النواتج الغازية — مجموع مولات المتفاعلات الغازية

اذا كان عدد المولات في جهة النواتج = عدد المولات في جهة المتفاعلات فهذا يعني ان قيمة ∆ng = 0

وهذا يعني ان Kc= Kp

$K_p = K_c\,(RT)^{\Delta ng}$ $\quad K_p = K_c\,(RT)^0$

K_p = Kc

مثال (2-8) في تفاعل ما ∆ng= -1 و Kc=4.1 بدرجه حرارة 227°C فما قيمة Kp لهذا التفاعل

الحـــــــل/

TK= (t °C + 273)

TK= (227 + 273) = 500 K

$K_p = K_c\,(RT)^{\Delta ng} = 4.1\,(0.082 \times 500)^{-1}$

$$K_p = \frac{4.1}{41} = 0.1$$

مثال (2-9) افترض حصـول التفاعـل الغـازي الاتـي عنـد حرارة 300K

$NH_4HS_{(s)} \rightleftharpoons NH_{3(g)} + H_2S_{(g)}$

وجد ان قيم الضغوط الجزيئية لكل من غازي النـواتج عند حصول الاتزان = 0.3atm. احسب Kp وKc للتفاعل.

$Kp = P_{NH3} \times p_{H2S} = 0.3 \times 0.3 = 0.09$

$\Delta ng = 2 - 0 = 2$

$K_c = K_p\,(RT)^{-\Delta ng} = 0.09\,(0.082 \times 300)^{-2}$

$$K_c = \frac{0.09}{(24.6)2} = \frac{0.09}{605.16} = 1.5 \times 10^{-4}$$

تمرين (2-7) احسب قيمة Kc للتفاعـل المتـزن التـالي عنـد 500C° اذا تعلم ان قيمة Kp للتفاعل تساوي 1.5×10^{-5} عند درجة الحرارة نفسها؟ (واجب) الناتج 0.06

$3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$

تمرين (2-8) اذا كانت Kc تساوي 1.6 عند 1000C

$C_{(s)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)}$

احسب ضغط CO الجزئي عندما يكون الضغط الجزئي لغاز CO_2 = 0.6atm

الحل / نجد اولا قيمة Kp

TK= (1000 + 273) = 1273 K

$\Delta ng = 2 - 1 = 1$

$K_p = K_c(RT)^{\Delta ng} = 1.6(0.082 \times 1273)^1 = 167$

$$K_p = \frac{P^2_{CO}}{P_{CO2}} \Longrightarrow 167 = \frac{P^2_{CO}}{0.6}$$

$$P^2_{Co} = 100 \Longrightarrow P_{Co} = 10\ atm$$

مسائل الفصل الخاصة بالعلاقة بين K_c و K_p

11-2/ عند تسخين غاز NOCl الى حرارة 240c° في اناء مغلق حجمه لتر واحد حسب المعادلة :

$$2NOCl_{(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} + Cl_{2(g)}$$

وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد أن الضغط الكلي لمزيج الاتزان = 1atm والضغط الجزئي لغاز NOCl يساوي 0.64atm احسب

١ـ الضغوط الجزيئية لكل من غازي Cl_2 و NO عند الاتزان.

٢ـ ثابت الاتزان Kc عند نفس درجة الحرارة؟ **الحل**

$$2NOCl_{(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} + Cl_{2(g)}$$

$2NOCl_{(g)}$	$2NO_{(g)}$	$Cl_{2(g)}$
Y	0	0
-2X	+2X	+X
Y – 2X	2X	X
0.64 atm		

$P_T = P_{NOCl} + P_{NO} + P_{Cl2}$

$1 = 0.64 + 2X + X$

$1 - 0.64 = 3X$

$0.36 = 3X$

$X = 0.12$ atm

وعليه الضغوط الجزيئية عند الاتزان

$P_{NOCl} = 0.64$ atm معطى بالسؤال

$P_{NO} = 2X = 2 \times 0.12 = 0.24$ atm

$P_{Cl2} = X = 0.12$ atm

2) ايجاد قيمة K_c

$$K_p = \frac{P^2_{NO} \times P_{Cl2}}{P^2_{NOCl}}$$

$$K_p = \frac{(0.24)^2 \times 0.12}{(0.64)^2} = 0.0169$$

$$K_c = K_p\ (RT)^{-\Delta ng}$$

$\Delta n_g = 3 - 2 = 1$

$T(K) = 240 + 273 = 513$ K°

$$K_c = 0.0169 \times (0.082 \times 513)^{-1}$$

$$K_c = \frac{0.0169}{42.066} = 4 \times 10^{-4}$$

12-2 التفاعل التالي يجري بدون عامل مساعد

$$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2\,(g)}$$

عند وصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد ان الضغوط الجزئية = 1.56atm لغاز NO_2 و0.377atm لغاز N_2O_4 عند حرارة 100C°

١ـ احسب قيمة K_P و Kc

٢ـ ماذا يحدث للضغوط الجزيئية للغازات في خليط الاتزان بعد اضافة العامل المساعد.

الحـــــــل/

$$K_p = \frac{P^2_{NO2}}{P_{N2O4}}$$

$$K_p = \frac{(1.56)^2}{0.377} = 6.455$$

$$K_c = K_p\ (RT)^{-\Delta ng}$$

$\Delta n_g = 2 - 1 = 1$

$T(K) = 100 + 273 = 373$ K°

$$K_c = 6.455 \times (0.082 \times 373)^{-1}$$

$$K_c = \frac{6.455}{30.586}$$

$K_c = 0.21$

٢) عند اضافة العامل المساعد فان الضغوط الجزيئية لا تتأثر لان العامل المساعد يقلل من زمن وصول التفاعل الى حالة الاتزان.

19-2 / للتفاعل المتزن الاتي

$$3A_{(g)} \rightleftharpoons aB_{(g)}$$

وجد ان ثابت الاتزان بدلالة Kc = 147.6 وبدلالة Kp = 6 بحرارة 27C° جد قيمة a في المعادلة؟

الحــــــل/

$T(K) = 27 + 273 = 300\ K°$

$\Delta n_g = a - 3$

$K_c = K_p\ (RT)^{-\Delta ng}$

$147.6 = 6\,(0.082 \times 300)^{-(a-3)}$

نقسم الطرفين على 6

$(24.6)^1 = (24.6)^{-a+3}$

اذا تساوت الاساسات تساوت الاسس

$1 = -a + 3$

$a = 3 - 1 = 2$

نصيحة/ في اي سؤال فيه قيمة الثابتن معلومة KP و KC يفضل استخدام علاقة من قيمته اكبر لسهولة الحل

25-2 للتفاعل غير المتجانس

$$CaO_{(s)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons CaCO_{3(s)}$$

بحرارة 800C° وجد ان ضغط CO_2 عند الاتزان = 0.235atm احسب Kc عند الحرارة نفسها؟

الحــــــل/

$$K_p = \frac{1}{P_{CO2}}$$

$$K_p = \frac{1}{0.235} = 4.255$$

$K_c = K_p\ (RT)^{-\Delta ng}$

$\Delta n_g = 0 - 1 = -1$

$T(K) = 800 + 273 = 1073\ K°$

$K_c = 4.255 \times (0.082 \times 1073)^{-(-1)}$

$K_c = 4.255 \times (0.082 \times 1073)^{1}$

$K_c = 4.255 \times (87.986)^{1}$

$K_c = 374.4$

20-2 / في التفاعل المتزن

$$NiO_{(s)} + CO_{(g)} \rightleftharpoons Ni_{(s)} + CO_{2(g)}$$

بدرجة حرارة 727C° وصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد ان ضغط غاز CO يساوي 304 Torr والضغط الكلي = 1atm ما ثابت الاتزان Kc للتفاعل.

الحــــــل/

$$P_{Co} = \frac{304\ torr}{760\ torr/atm} = 0.4\ atm$$

باقي حل السؤال واجب / الناتج Kc=1.5

ملاحظات حول السؤال

١- حولنا من وحدة الTorr الى atm لان الضغط الكلي بوحدة atm.

٢ للتحويل من وحدة الTorr الى atm نقسم على 760

٣ Ni و NiO لن تذكر في القوانين لانهما مواد صلبة.

٤ يمكن حل السؤال بدون فرضية لانه مجهول واحد فقط في التراكيز النهائية.

2 - 8 أهمية ثابت الاتزان

لمعرفة قيمة ثابت الاتزان أهمية كبيرة حيث يمكن لقيمته العددية

أـ تحديد اتجاه التفاعل   بـ بيان العلاقة بين ثابت الاتزان وطريقة كتابة المعادلة.

أـ تحديد اتجاه التفاعل من معرفة قيمة ثابت الاتزان.

يمكن تحديد اتجاه التفاعل من خلال قيمة ثابت الاتزان وذلك وفق ما يلي

١ـ اذا كانت قيمة ثابت الاتزان كبيرة جدا يدل على ان تركيز المواد الناتجة كبير جدا ويعني ذلك التفاعل يسير في اتجاه واحد هو الأمامي ينزاح نحو اليمين.

٢ـ اذا كانت قيمة ثابت الاتزان صغيرة جدا يدل على ان تركيز المواد الناتجة صغير جدا ويعني ذلك التفاعل يسير في اتجاه واحد هو الخلفي ينزاح نحو اليسار.

٣ـ اذا كانت القيمة = الواحد الصحيح او قيمة مقاربة له يعني ان قيمة المواد الناتجة والمتفاعلة متساوية.

تمرين (2-9) من قيم ثوابت الاتزان Kc لكل من التفاعلات التالية تنبأ بحالة الاتزان لها □

$2H_2O_{(g)} \rightleftharpoons 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$ $Kc = 1.1 \times 10^{-81}$

$2CO_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2COCl_{(g)}$ $Kc = 0.99$

$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCl_{(g)}$ $Kc = 4.4 \times 10^{32}$

الحـــــــــــل/

١ التفاعل الاول قيمة ثابت الاتزان صغيرة جدا اي عند حالة الاتزان فان كمية المواد الناتجة ضئيلة جدا لدرجة انه يمكن اعتبار ان مثل هذا النوع من التفاعل يكاد لا يحدث من الناحية العلمية (عبارة ثابتة للقيم الكبيرة) □

٢ التفاعل الثاني ثابت الاتزان مقاربة للواحد اي عند حالة الاتزان فان كمية المواد الناتجة مقاربة جدا لكمية المواد المتفاعلة. (عبارة ثابتة للقيم القريبة من الواحد)

٣ التفاعل الثالث قيمة ثابت الاتزان كبيرة جدا اي عند حالة الاتزان فان كمية المواد الناتجة قد وصلت الى درجة قريبة من الاكتمال لذا نستطيع القول ان هذا التفاعل أقترب من الكمال. (عبارة ثابتة للقيم الكبيرة) □

راجع ايضا مثال (2-10) □

تذكر

قيمة الثابت كبيرة من 10^{n} فما فوق الاتجاه نحو النواتج

قيمة الثابت صغيرة 10^{-n} فما تحت نحو الاتجاه نحو المتفاعلات

قريبة من الواحد كمية المتفاعلة = كمية الناتجة

ب – العلاقة بين ثابت الاتزان وطريقة كتابة المعادلة.

من المهم ملاحظة كافة الحالات ان علاقة ثابت الاتزان في التفاعل تتبع الصيغة التي تكتب بها المعادلة الكيمائية الموزونة وسندرج هنا 3 قواعد وهي

القاعدة الأولى:- اذا تم عكس اتجاه التفاعل ما فان قيمة ثابت الاتزان الجديد = مقلوب ثابت الاتزان الاول

$$K_{c2} = \frac{1}{Kc1}$$

القاعدة الثانية اذا تم ضرب معادلة ما في معامل معين فان ثابت الاتزان الجديد يساوي قيمة ثابت الاتزان الاول مرفوعا الى أس يساوي ذلك المعامل. مثلا

اذا ضربت المعادلة في المعامل 2 فانه $Kc_2 = (Kc_1)^2$

اما اذا ضربت المعادلة في المعامل 1/2 فانه $Kc_2 = \sqrt{Kc1}$

اذا تم قلب معادلة وأيضا ضربت في 2 فانه $Kc_2 = \left(\frac{1}{Kc1}\right)^2$

اذا تم قلب معادلة وأيضا ضربت في المعامل 1/2 فانه $Kc_2 = \sqrt{\frac{1}{Kc1}}$

مثال عام لتوضيح الحالات أعلاه

في التفاعل العام الاتي $2XY \rightleftharpoons X_2 + Y_2$

وكانت قيمة ثابت الاتزان له = 4 جد قيمة ثابت الاتزان للتفاعلات التالية

1) $2X_2 + 2Y_2 \rightleftharpoons 4XY$

2) $\frac{1}{2}X_2 + \frac{1}{2}Y_2 \rightleftharpoons XY$

3) $2XY \rightleftharpoons X_2 + Y_2$

4) $4XY \rightleftharpoons 2X_2 + 2Y_2$

5) $XY \rightleftharpoons \frac{1}{2}X_2 + \frac{1}{2}Y_2$

الحـــــــل/ بالنسبة للتفاعل الاول نلاحظ انه ضرب بالمعامل 2 وعليه

$$Kc_2 = (Kc_1)^2 = (4)^2 = 16$$

بالنسبة للتفاعل الثاني نلاحظ انه ضرب بالمعامل $\frac{1}{2}$ وعليه

$$Kc_2 = \sqrt{(Kc1)} = \sqrt{4} = 2$$

بالنسبة للتفاعل الثالث نلاحظ انه معكوس التفاعل الأصلي

$$Kc_2 = \frac{1}{Kc1} = \frac{1}{4} = 0.25$$

بالنسبة للتفاعل الرابع نلاحظ انه معكوس التفاعل الأصلي وضرب بالمعامل ٢

$$Kc2 = \left(\frac{1}{Kc1}\right)^2 = \left(\frac{1}{4}\right)^2 = \frac{1}{16} = 0.0625$$

بالنسبة للتفاعل الخامس نلاحظ انه معكوس التفاعل الأصلي وضرب بالمعامل ٢/١

$$Kc_2 = \sqrt{\frac{1}{Kc1}} \quad \sqrt{\frac{1}{4}} = \frac{1}{2} = 0.5$$

مثال (11-2) اذا كان ثابت الاتزان للتفاعل التالي = 0.36

$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$

فما ثابت الاتزان للتفاعلات التالية

$2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$

$\frac{1}{2}N_2O_4 \rightleftharpoons NO_2$

الحل/

نلاحظ ان المعادلة الأولى هي عكس المعادلة الأصلية وعليه سيكون ثابت الاتزان له بالصورة الاتية

$Kc_2 = \frac{1}{Kc1} \quad \frac{1}{0.36} = 2.8$

نلاحظ ان المعادلة الثانية هي نفس المعادلة الأولى لكنها مضروبة بالعدد 1/2 وعليه سيكون ثابت الاتزان

$Kc_2 = \sqrt{(Kc1)} = \sqrt{0.36} = 0.6$

تمرين (10-2) للتفاعل التالي

$2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$

ثابت الاتزان K_P له = 0.39 بدرجة حرارة 227C° فما قيمة K_C للتفاعل التالي

$N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$

الحل/

$\Delta ng = 1 - 2 = -1$

$T = 227 + 273 = 500K$

$K_c = K_p(RT)^{-\Delta ng} = 0.39(0.082 X 500)^{-(-1)}$

$K_c = 0.39(41)^{(+1)} = 16$

نلاحظ ان المعادلة الثانية هي عكس المعادلة الأصلية وعليه سيكون ثابت الاتزان له بالصورة الاتية

$Kc_2 = \frac{1}{Kc1} = \frac{1}{16} = 0.0625$

تمرين (11-2) للتفاعل التالي

$3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$

بدرجة حرارة معينة وجد ان خليط الاتزان يحتوي 0.02M من NH_3 و 0.1M من N_2 و H_2 ما ثابت الاتزان للتفاعل التالي

$NH_{3(g)} \rightleftharpoons \frac{1}{2}N_{2(g)} + \frac{3}{2}H_{2(g)}$

الحل/

نستخرج Kc للتفاعل الأصلي

$K_c = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3[N_2]}$

$K_c = \frac{[0.02]^2}{[0.1]^3[0.1]} = \frac{0.0004}{0.0001} = 4$

نلاحظ ان المعادلة الثانية هي معكوس المعادلة الأولى وايضا مضروبة في العدد $\frac{1}{2}$ وعليه سيكون ثابت الاتزان لها بالصورة التالية

$Kc_2 = \sqrt{\frac{1}{Kc1}} \quad \sqrt{\frac{1}{4}} = 0.5$

سؤال (14-2) من اسئلة الفصل

يتزن التفاعل التالي

$3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$

بدرجة حرارة 377C° وقيمة ثابت الاتزان = 1.96 احسب قيم ثابت الاتزان للتفاعلات التالية.

$2NH_{3(g)} \rightleftharpoons N_{2(g)} + 3H_{2(g)}$

الجواب / نلاحظ ان المعادلة هي معكوس المعادلة الاصلية وعليه

$Kc_2 \frac{1}{1.96} = 0.51$

$\frac{3}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{2}N_{2(g)} \rightleftharpoons NH_{3(g)}$

نلاحظ ان المعادلة قد ضربت بالمعامل 1/2

$Kc_2 = \sqrt{(Kc1)} = \sqrt{1.96} = 1.4$

$NH_{3(g)} \rightleftharpoons \frac{1}{2}N_{2(g)} + \frac{3}{2}H_{2(g)}$

نلاحظ ان المعادلة هي معكوس المعادلة الأولى وايضا مضروبة في العدد $\frac{1}{2}$ وعليه سيكون ثابت الاتزان لها بالصورة التالية

$Kc_2 = \sqrt{\frac{1}{Kc1}} \quad \sqrt{\frac{1}{1.96}} = 0.714$

تمرين (2-12) وضع مول واحد من بروميد الهيدروجين في وعاء مغلق حجمه لتر واحد وبحرارة معينة وصل التفاعل الغازي الى حالة الاتزان فوجد ان المتكون من غاز البروم 0.2mol حسب التفاعل التالي؛

$$2HBr_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + Br_{2(g)}$$

فما عدد مولات غاز HBr في خليط الاتزان لأثناء اخر حجمه 1L الناتج من خلط غازي البروم والهيدروجين بكميات 2mol لكل منهما

الحـــل

لان الحجم = لتر واحد $[M] = mol$

$2HBr_{(g)}$	$\rightleftharpoons$	$H_{2(g)}$	+	$Br_{2(g)}$
1		0		0
– 2X		+X		+X
1- 2X		X		X

المتكون من من غاز البروم = 0.2 اي ان X = 0.2 وعليه التراكيز عند الاتزان.

$[H_2] = [Br_2] = 0.2M \qquad [HBr] = 1- (2 X 0.2) = 0.6 M$

$$K_c = \frac{[H_2][Br_2]}{[HBr]^2} = \frac{[0.2]0.2}{[0.6]^2} = \frac{1}{9}$$

معادلة تكون غاز HBr هي $H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr_{(g)}$

حيث نلاحظ ان المعادلة 2 هي معكوس المعادلة الأولى.

$$Kc_2 = \frac{1}{Kc1} \quad \frac{1}{\frac{1}{9}} = 9$$

$H_{2(g)}$	+	$Br_{2(g)}$	$\rightleftharpoons$	$2HBr_{(g)}$
2		2		0
-X		-X		+2X
2-X		2-X		2X

$$K_c = \frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]} \qquad 9 = \frac{[2X]^2}{[2-X]^2}$$ = نجذر الطرفين

$$3 = \frac{[2X]}{[2-X]} \Rightarrow 2X = 6 - 3X \Rightarrow X = \frac{6}{5} = 1.2M$$

$[HBr] = 1.2 \ x \ 2 = 2.4 \ mol$

/ (فكرة عن حل السؤال) ١- نستخرج Kc للتفاعل الاول من المعلومات المتوفرة

٢- نعمل مقارنة بين التفاعل الاول والثاني ونستخرج Kc للتفاعل الثاني

٣- نستخرج تركيز HBr للتفاعل الثاني بعد عمل معادلة جديدة بالاستفادة من قيمة Kc

القاعدة الثالثة اذا كان التفاعل ناتجا من مجموع عدد من التفاعلات فان ثابت الاتزان = حاصل ضرب ثوابت الاتزان لكل التفاعلات التي ينتج من مجموعها.

مثلا لنأخذ التفاعلين الآتيين

$C_{(S)} + \frac{1}{2}O_2 \rightleftharpoons CO_{(g)}$ $\quad K_c = \frac{[CO]}{[O_2]^{1/2}}$

$CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_2 \rightleftharpoons CO_{2(g)}$ $\quad K_c = \frac{[CO_2]}{[CO]\,[O2]^{1/2}}$

وبجمع التفاعلين نحصل على المعادلة التالية

$C_{(S)} + O_2 \rightleftharpoons CO_{2(g}$ $\quad K_c = \frac{[CO2]}{[O2]}$

ان ثابت الاتزان لهذه المعادلة الأخيرة سيكون حاصل ضرب ثابت الاتزان المعادلة الأولى والثانية.

تمرين (2-13) وجد ان ثابت الاتزان للضغوط الجزيئية بدرجة حرارة **2000K** لكل من التفاعلات التالية.

$\frac{1}{2}Br_{2(g)} + \frac{1}{2}F_{2(g)} \rightleftharpoons BrF_{(g)}$ $\quad K_P = 150$

$\frac{1}{2}Br_{2(g)} + \frac{3}{2}F_{2(g)} \rightleftharpoons BrF_{3(g)}$ $\quad K_P = 2.5$

احسب ثابت الاتزان للتفاعل K_C الاتي

$BrF_{3(g)} \rightleftharpoons BrF_{(g)} + F_{2(g}$ $\quad K_C = ?$

للحصول على المعادلة المطلوبة تبقى المعادلة الأولى كما هي وتقلب المعادلة الثانية

$\frac{1}{2}Br_{2(g)} + \frac{1}{2}F_{2(g)} \rightleftharpoons BrF_{(g)}$ $\quad K_{P1} = 150$

$BrF_{3(g)} \rightleftharpoons \frac{1}{2}Br_{2(g)} + \frac{3}{2}F_{2(g)}$ $\quad K_{P2} = \frac{1}{Kp} = \frac{1}{2.5} = 0.4$

$BrF_{3(g)} \rightleftharpoons BrF_{(g)} + F_{2(g}$ $\quad K_P = K_{p1} \times K_{p2}$

$K_P = K_{p1} \times K_{p2} = 150 \times 0.4 = 60$

$K_c = K_p(RT)^{-\Delta ng}$

$\Delta ng = 2-1 = 1$

$K_c = 60(0.082 \times 2000)^{(-1)}$

$K_c = \frac{60}{164} = 0.366$

اسئلة الفصل الخاصة بموضوع اهمية ثابت الاتزان وطريقة كتابة المعادلة/ القاعدة الثالثة

15-2 اذا كانت ثوابت الاتزان للتفاعلات التالية

$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$ $K_c = 4.2 \times 10^{-7}$

$CaCO_{3(S)} \rightleftharpoons CO_3^{-2} + Ca^{+2}$ $K_c = 4.7 \times 10^{-9}$

$HCO_3^- \rightleftharpoons CO_3^{-2} + H^+$ $K_c = 4.8 \times 10^{-11}$

فما ثابت الاتزان للتفاعل التالي

$CO_2 + CaCO_{3(S)} + H_2O \rightleftharpoons Ca^{+2} + 2HCO_3^-$

الجواب/للحصول على المعادلة المطلوبة تبقى المعادلة الاولى والثانية كما هي ونقلب المعادلة الثالثة.

$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$ $K_c = 4.2 \times 10^{-7}$

$CaCO_{3(S)} \rightleftharpoons CO_3^{-2} + Ca^{+2}$ $K_c = 4.7 \times 10^{-9}$

$H^+ + CO_3^{-2} \rightleftharpoons HCO_3^-$ $K_c = \frac{1}{4.8 \times 10^{-11}}$

$CO_2 + CaCO_{3(S)} + H_2O \rightleftharpoons Ca^{+2} + 2HCO_3^-$

$K_c = K_{c1} \times K_{c2} \times K_{c3}$

$K_c = 4.2 \times 10^{-7} \times 4.7 \times 10^{-9} \times \frac{1}{4.8 \times 10^{-11}} = 4.1 \times 10^{-5}$

29-2 / وجد ان ثابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزيئية K_p بحرارة 1000K للتفاعلات ادناه

$C_{(s)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)}$ $K_p = 2.9 \times 10^{10}$

$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)}$ $K_p = 5 \times 10^{20}$

احسب ثابت الاتزان بدلالة Kc للتفاعل $2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{2(g)}$

الحـــــل/ للحصول على المعادلة الاصلية نقلب المعادلة الاولى ونضربها × 2 ونضرب المعادلة الثانية × 2

$2CO_{(g)} \rightleftharpoons 2C_{(s)} + O_{2(g)}$ $K_p = \frac{1}{(2.9 \times 10^{10})^2} = \frac{1}{8.41 \times 10^{20}}$

$2C_{(s)} + 2O_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{2(g)}$ $K_p = 25 \times 10^{40}$

$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{2(g)}$

$K_p = K_{p1} \times K_{p2}$

$K_p = 25 \times 10^{40} \times \frac{1}{8.41 \times 10^{20}} = 2.978 \times 10^{20}$

$K_c = K_p(RT)^{-\Delta ng}$

$\Delta ng = 2-3 = -1$

$K_c = 2.97 \times 10^{20} (0.082 \times 1000)^{-(-1)}$

$Kc = 2.4 \times 10^{22}$

2-9حاصل التفاعل (Q)

يمكن لنا في اي لحظة من التفاعل معرفة اتجاه التفاعل او حالة الاتزان ان امكن لنا معرفة تراكيز المواد الناتجة والمتفاعلة في تلك اللحظة والتي من خلالها يمكن ان نجد قيمة تسمى بحاصل التفاعل يرمز له بالرمز (Q)

حاصل التفاعل Q وتعني حاصل القسمة وهي قيمة افتراضية لثابت الاتزان تحسب في لحظة ما خلال التفاعل للتنبؤ بوصول الى حالة الاتزان يعبر عنها بنفس العلاقة المستعملة للتعبير عن الثوابت والفرق بينهما هو ان التراكيز المستخدمة في علاقة Q ليست بالضرورة تكون في حالة اتزان.

من العلاقة بين KC و Q يمكن بواسطتها التنبؤ بحالة الاتزان او اتجاه سير التفاعل.

١- اذا كانت Kc=Q فان النظام سيكون في حالة اتزان وتراكيز المتفاعلات والنواتج تراكيز اتزان

٢- عندما تكون Q أكبر من Kc (Kc < Q) فان التفاعل ليس في حالة اتزان ويتجه التفاعل من اليمين الى اليسار اي باتجاه المتفاعلات

٣- عندما تكون Q اصغر من Kc (Kc > Q) فان التفاعل ليس في حالة اتزان ويكون تراكيز النواتج اقل من تراكيزها عند الاتزان لهذا فانها تتزايد للوصول الى حالة اتزان وليحدث ذلك يتجه التفاعل من اليسار (المتفاعلات) الى اليمين (النواتج).

ملاحظات في غاية الاهمية قبل الدخول الى مسائل حاصل التفاعل.

١- نحن نعرف ان السؤال يخص موضوع(حاصل تفاعل) اذا أعطى مزيج لكافة المتفاعلات والنواتج بداية التفاعل

٢- هناك عدة طرق لتحديد جهة التفاعل إمامي او خلفي ومنها

اولا- نجد قيمة KC و قيمة Q ونقارن بين النتيجتين فاذا كان

أ- قيمة Q اكبر من قيمة Kc فالتفاعل ينزاح نحو المتفاعلات.

ب- قيمة Q اصغر من قيمة Kc فالتفاعل ينزاح نحو النواتج.

ثانيا :- من خلال معرفة التركيز الابتدائي والنهائي لاحد النواتج او المتفاعلات ونعمل مقارنة بين التركيزين فاذا كان

أ-التركيز الابتدائي اكبر اي قل تركيز المادة فالتفاعل عكس اتجاه هذه المادة.

ب-التركيز الابتدائي اقل اي زاد تركيز المادة فالتفاعل باتجاه هذه المادة.

ثالثا: من تعابير تذكر في السؤال مثلا يذكر

أ- وزاد تركيز المادة بمقدار اي التفاعل باتجاه تلك المادة

ب- قل تركيزها اي التفاعل بعكس اتجاه المادة .

رابعا : من خلال درجة الحرارة (سيذكر في موضوع قاعدة لي شاتليه.

س/ ماذا نعني ان التفاعل باتجاه تلك المادة

١- ج/ يعني انه في الخطوة الثانية خطوة التغير في التركيز انها هي من تأخذ الاشارة الموجبة والجهة الاخرى تأخذ الاشارة السالبة اي حتى لو كان في جهة المتفاعلات فلا تتفاجأ ان اخذت المتفاعلات الاشارة الموجبة والنواج الاشارة السالبة.

مثال(2-12) ثابت الاتزان للتفاعل

$3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$

عند 500C° هو 0.06 قرر اتجاه سير التفاعل.

	$[NH_3]$	$[N_2]$	$[H_2]$
1	0.001	0.00001	0.002
2	0.0002	0.000015	0.345
3	0.0001	5.00	0. 01

الحـــــــــل/نجد قيمة Q لكل حالة ونقارنها مع قيمة Kc للتنبؤ باتجاه سير التفاعل

$$Q = \frac{[NH3]^2}{[H2]^3\ [N2]} = \frac{(0.001)^2}{(0.002)^3(0.00001)} = 1.25\ x10^7$$

قيمة Q أكبر من قيمة K_C فان التفاعل يسير بالاتجاه الخلفي اي ينزاح النظام نحو اليسار حتى يصل الى حالة تزان جديدة.

$$Q = \frac{[NH3]^2}{[H2]^3\ [N2]} = \frac{(0.0002)^2}{(0.345)^3(0.000015)} = 0.06$$

قيمة Q تساوي قيمة K_C فان التفاعل في حالة اتزان

$$Q = \frac{[NH3]^2}{[H2]^3\ [N2]} = \frac{(0.0001)^2}{(0.01)^3(5)} = 0.002$$

قيمة Q قيمة أصغر من K_C فان التفاعل في غير اتزان ويسير بالاتجاه الأمامي (نحو اليمين) حتى يصل حالة اتزان جديدة.

تمرين (2 -14) للتفاعل الغازي الاتي

$3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$

ثابت الاتزان Kc له = 9

1) هل ان مزيج مكون من 2 مول من كل من الغازات H_2 , NH_3 , N_2 في وعاء مغلق حجمه 1L يمثل حالة اتزان ولماذا؟

2) لو كان المزيج غير متزن ماحجم الإناء لجعله متزنا

الحـــــــــل/ لمعرفة المزيج متزن او غير متزن نستخرج قيمة Q M=n لان الحجم 1 لتر

$$Q = \frac{[NH3]^2}{[H2]^3\ [N2]} = \frac{(2)^2}{(2)^3(2)} = 0.25$$

$Q \neq Kc$ اذا المزيج غير متزن اذا كان الحجم = 1L

٢ـ نعتبر الحجم = V ويجب ان نستخدم نفس قيمة ثابت الاتزان لجعله المزيج متزن

$$Q = \frac{[NH3]^2}{[H2]^3\ [N2]} \quad = \quad 9 = \frac{\left(\frac{2}{V}\right)^2}{\left(\frac{2}{V}\right)^3\ X\ \frac{2}{V}}$$

$$9 = \frac{1}{\left(\frac{2}{V}\right)^2} \Longrightarrow 9 = \frac{1}{\frac{4}{V^2}}$$

$$9 = \frac{V^2}{4}$$ بالجذر $$\Longrightarrow 3 = \frac{V}{2} \Rightarrow V = 6L$$

اذا يكون المزيج متزنا عندما يكون الحجم 6L

سالفة بينك وبين حاصل التفاعل كالاتي كانت

شوف يا Q اذا انت اصغر من الثابت فبعدك ما اخذتك حقك فتروح للنواتج .

اما لا طلعت اكبر من الثابت فانت مآخذ اكثر من حقك فرجعه للمتفاعلات

يروح للنواتج يعني النواتج موجب والمتفاعلات سالب في الخطوة الثانية.

يرجع للمتفاعلات هي موجب والنواتج تاخذ سالب في الخطوة الثانية

تمرين (2-15) في اناء حجمه 2L سخن 1.4mol من الغازات HBr و H_2 و Br_2 حتى وصل التفاعل حالة اتزان

$$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr$$

فاذا علمت ان ثابت الاتزان لتكوين مول واحد من HBr بدلالة الضغوط الجزيئية = 0.25 فما عدد مولات المواد الناتجة والمتبقية في الاناء عند الاتزان.

الحـــــــــل/ نلاحظ ان معادلة التفاعل هي

$$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr$$

حيث المتكون 2 مول من غاز HBr وقيمة الثابت المعطاة لمول واحد وبدلالة الضغوط لذا نكتب معادلة تكوين مول واحد ونحول قيمة Kp الى Kc

$$\frac{1}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{2}Br_{2(g)} \rightleftharpoons HBr$$

حيث يمكن استخراج K_c لهذه المعادلة بهذا القانون

$$K_c = K_p\,(RT)^{-\Delta ng}$$

$$\Delta ng = 1 - (\frac{1}{2} + \frac{1}{2}) = 0$$

وعليه $K_c = K_p = 0.25$

نلاحظ ان معادلة التفاعل هي ضعف معادلة تكوين مول واحد من غاز HBr وعليه Kc لها سيكون

$$Kc_2 = (Kc_1)^2 = (0.25)^2 = 0.0625$$

نجد الان حاصل التفاعل للمعادلة بعد ايجاد التراكيز الاولية

$$[H_2] = [Br_2] = [HBr] = \frac{M}{V} = \frac{1.4}{2} = 0.7\ M$$

$H_{2(g)}$	+ $Br_{2(g)}$	$\rightleftharpoons 2HBr$
0.7	0.7	0.7

$$Q = \frac{[HBr]^2}{[H_2]\,[Br_2]} = \frac{(0.7)^2}{(0.7)X\,(0.7)} = 1$$

نلاحظ ان حاصل التفاعل Q أكبر من ثابت الاتزان وعليه يكون سير التفاعل بالاتجاه الخلفي(المتفاعلات)

$H_{2(g)}$	+ $Br_{2(g)}$	$\rightleftharpoons 2HBr$
0.7	0.7	0.7
+ X	+X	-2X
0.7 +X	0.7+X	0.7 -2X

$$K_c = \frac{[HBr]^2}{[H_2]\,[Br_2]}$$

$$0.0625 = \frac{(0.7-2X)^2}{(0.7+X)X\,(0.7+X)}$$ نجذر الطرفين

$$0.25 = \frac{(0.7-2X)}{(0.7+X)}$$

$0.7 - 2X = 0.175 + 0.25X$

$0.7 - 0.175 = 0.25X + 2X$

$2.25X = 0.525$

$X = \frac{0.525}{2.25} = 0.233\ M$

وعليه التراكيز النهائية كالاتي

$[H_2]=[Br_2]= 0.7 + 0.233 = 0.933M$

$[HBr] = 0.7 - (2 \times 0.233) = 0.234M$

وعليه عدد المولات المتبقية

$nH_2 = nBr_2 = 2_L \times 0.933_{mol/L} = 1.866\ mol$

$nHBr = 2_L \times 0.234_{mol/L} = 0.468\ mol$

خطوات حل هذا السؤال

١ـ كتابة معادلة مول واحد لتكوين بروميد الهيدروجين.

٢ـ تحويل Kp الى Kc

٣ـ ايجاد Kc المعادلة الاصلية بالاعتماد على Kc معادلة تكوين المول الواحد.

٤ ـ تحويل مولات النواتج الى تراكيز ومنها نجد قيمة Q

٥ ـ نعمل مقارنه بين Q وثابت الاتزان ونحدد الاتجاه ونكمل باقي السؤال بالخطوات المعروفة.

٦ـ بعد ايجاد التراكيز النهائية نحولها الى مولات حسب مطاليب السؤال.

مسائل الفصل الخاصة بحاصل التفاعل

سؤال(2-16) في التفاعل الافتراضي الغازي

$$2A + B \rightleftharpoons 3C$$

وفي اناء حجمه لتر واحد وضع 3mole من B مع مولات مختلفة من A و C وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان اناء التفاعل يحتوي على 6mole من C و6mole من A ما عدد مولات A و C قبل بدء التفاعل علما ان $K_c = 1.5$.

الحل / لان الحجم = 1L M=n

بما انه وضع مولات متفاعلات ونواتج يجب معرفة اتجاه التفاعل حيث انه من معلومات السؤال يمكن ايجاد تركيز B النهائي

$$K_c = \frac{[C]^3}{[A]^2\,[B]}$$

$$B = \frac{[C]^3}{[A]^2\,K_c}$$

$$B = \frac{(6)^3}{(6)^2 \times 1.5} = 4\ mol$$

نلاحظ ان عدد مولات B قد زاد وهذا يعني ان التفاعل يسير باتجاه المتفاعلات لذا تكون الفرضية كالاتي

$2A$	+	B	$\rightleftharpoons$	$3C$
a		3		b
+2X		+X		-3X
a+2X		3+X		b-3X
(6)		(4)		(6)

بما ان تركيز B النهائي = 4 وعليه

$3 + X = 4 \longrightarrow X = 1$

$a + 2X = 6$

$a + (2 \times 1) = 6$

$a = 6 - 2 = 4mol$ عدد مولات A بداية التفاعل

$b - 3X = 6$

$b - (3 \times 1) = 6$

$b = 6 + 3 = 9mol$ عدد مولات B بداية التفاعل

سؤال(2-17) ثابت الاتزان Kc يساوي 19.9 بحرارة 2500K° للتفاعل المتزن

$$Cl_{2(g)} + F_{2(g)} \rightleftharpoons 2ClF$$

ماذا يحدث لحالة الاتزان اذا كانت تراكيز الخليط

$[Cl_2] = 0.2M$, $[F_2] = 1M$, $[ClF] = 1.2M$

الحل/

$$Q = \frac{[ClF]^2}{[Cl2]\,[F2]}$$

$$Q = \frac{[1.2]^2}{[0.2]\,[1]} = \frac{1.44}{0.2} = \frac{14.4}{2} = 7.2$$

Kc أكبر من Q ينزاح التفاعل نحو الامام.

سؤال(2-30)/ في وعاء مغلق حجمه لتر واحد يتفاعل غاز CO مع بخار الماء ويتكون غازي CO_2 وH_2 بدرجة حرارة 700K ما تراكيز خليط الغازات عند وصولها الى حالة اتزان اذا تم وضع مول واحد من كل من المتفاعلات والنواتج علما ان ثابت الاتزان Kc لهذا التفاعل = 5.29؟

الحل/ لان الحجم = 1 لتر M=n

$CO_{(g)}$	+	$H_2O_{(g)}$	$\rightleftharpoons$	$CO_{2(g)}$	+	$H_{2(g)}$
1		1		1		1

$$Q = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]} = \frac{1 \times 1}{1 \times 1} = 1$$

نلاحظ ان Q اقل من Kc اي يتجه التفاعل نحو النواتج

$CO_{(g)}$	+	$H_2O_{(g)}$	$\rightleftharpoons$	$CO_{2(g)}$	+	$H_{2(g)}$
1		1		1		1
-X		-X		+X		+X
1- X		1-X		1+X		1+X

$$K_c = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]}$$

$$5.29 = \frac{(1+X)^2}{(1-X)^2}$$ نجذر الطرفين

$2.3 = \frac{1+X}{1-X} \longrightarrow 1+X = 2.3 - 2.3X$

$3.3X = 1.3 \qquad X = \frac{1.3}{3.3} = 0.4M$

وعليه التراكيز النهائية ستكون كالاتي

$[CO] = [H_2O] = 1 - 0.4 = 0.6\ M$

$[CO_2] = [H_2] = 1 + 0.4 = 1.4\ M$

2 - 10 العلاقة بين الطاقة الحرة ΔG وحاصل التفاعل (Q).☐

للتفاعل الاتي $aA + bB \rightleftharpoons gG + hH$

ترتبط الطاقة الحرة غير القياسية ΔG مع الطاقة الحرة القياسية $\Delta G°$ لهذا التفاعل بالعلاقة التالية

$$\Delta G = \Delta G° + RT \ln \frac{[G]^g[H]^h}{[A]^a[B]^b} \quad ....(1)$$

حيث R ثابت الغازات ويساوي بواحدات الطاقة (R=8.314 J/K.mol) وT درجة الحرارة بوحدات الكلفن.

ومن تعريف حاصل القسمة يمكن كتابة المعادلة بالصورة التالية

ان قيمة R هنا تختلف عن قيمة R الغازات تذكر هذا جيدا وكي لا يحدث لك لبس في الموضوع هذه تستخدم مع الطاقات دائما لانها تحتوي وحدة الجول

$$\Delta G = \Delta G° + RT \ln Q \quad .... (2)$$

وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان تكون الطاقة الحرة مساوية صفر وحاصل القسمة = ثابت الاتزان وعليه تصبح المعادلة أعلاه .

$$\Delta G° = - RT \ln K_{eq} \quad ...... \quad (3)$$

حيث يستخدم Kp لتفاعلات الغازات بدلالة الضغوط الجزيئية و Kc بدلالة التراكيز المولارية.

تعد هذه المعادلة من أهم المعادلات في علم الثرموداينمك لانها تمكننا من معرفة التغير في الطاقة الحرة $\Delta G°$ بالاعتماد على قيمة ثابت الاتزان

مثال(2-13) اذا علمت ان $\Delta G°$ للتفاعل التالي = 104kJ/mol- عند حرارة 25C وضغط 1atm

$$CCl_{4(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons HCl_{(g)} + CHCl_{3(l)}$$

احسب ثابت الاتزان عند نفس الظروف.

علما ان $\ln 1.7 \times 10^{18} = 42$

الحـــــل/ $T(K) = 25 + 273 = 298K$

$R=8.314$ J/K.mol

ΔG (J/mol)=-104kJ/mol X1000J/kJ

= -104000J/mol

$\Delta G° = - RT \ln K_{eq}$

$- 104000 J/mol = - 8.314 J/K.mol \times 298K \ln K_{eq}$

$$\ln K_{eq} = \frac{-104000}{-8.314 \times 298}$$

$\ln K_{eq} = 42$

$\ln K_{eq} = \ln 1.7 \times 10^{18}$

$K_{eq} = 1.7 \times 10^{18}$

ان هذه القيمة كبيرة جدا مما يعني ان قيمة تراكيز المتفاعلات قليلة جدا والتفاعل شبه تام.

ملاحظة / اننا نقوم بتحويل وحدة الطاقة الحرة الى وحدة الجول لان ثابت R يحتوي وحدة جول.

تمرين(2 - 16) احسب ثابت الاتزان Kp للتفاعل التالي عند حرارة 25C وضغط 1atm

$$2H_2O_{(g)} \rightleftharpoons 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$$

اذا علمت ان الطاقة الحرة القياسية لتكوين الماء هي

$\Delta G°_f (H_2O) = -237$ kJ/mol

علما ان $\ln 1.2 \times 10^{-83} = -191.3$

الحـــــــل/

$$\Delta G_r° = \sum n\Delta G_f° (P) - \sum n\Delta G_f° (R)$$

$\Delta G_r° = [2\Delta G_f° (H_2) + \Delta G_f°(O_2)] - [2\Delta G_f° (H_2O)]$

$\Delta G_r°[2 \times 0 + 0] – [2 \times (-237) = 474$ kJ/mol

$T(K) = 25 + 273 = 298K$

$\Delta G°$ (J/mol)=474kJ/mol X 1000 J/kJ

=474000J/mol

$\Delta G° = - RT \ln K_{eq}$

$474000 J/mol= - 8.314 J/K.mol \times 298K \ln K_{eq}$

$$\ln K_{eq} = \frac{474000}{-8.314 \times 298}$$

$\ln K_{eq} = -191.3$

$\ln K_{eq} = \ln 1.2 \times 10^{-83}$

$K_{eq} = 1.2 \times 10^{-83}$

ان هذه القيمة صغيرة جدا يعني ان التفاعل لا يحدث تلقائيا

مسائل الفصل الخاصة بالعلاقة بين الطاقة الحرة وحاصل التفاعل

2-33 / وضح الفرق بين ΔG و $\Delta G°$ واكتب العلاقـــــــــــــــــــــــــــة بينهما ومتى تكون قيمة $\Delta G = \Delta G°$ اثبت ذلك حسابيا؟

الحـــــــل/

ΔG هي مقدار التغير بالطاقة الحرة مقاسة بظروف غير قياسية.

$\Delta G°$ هي مقدار التغير بالطاقة الحرة مقاسة بظروف قياسية.

العلاقة بينهما

$$\Delta G = \Delta G° + RT \ln Q$$

تكون قيمتهما متساوية عندما تكون قيمة حاصل التفاعل = 1

$$\Delta G = \Delta G° + RT \ln Q$$

$$\Delta G = \Delta G° + RT \ln 1$$

$$\Delta G = \Delta G° + RT \times 0$$

$$\Delta G = \Delta G°$$

2 ـ 34 / اذا علمت ان ثابت التأين الذاتي للماء عند درجة حرارة 25C° وضغط 1atm تساوي 1×10^{-14} احسب قيمة $\Delta G°$ للتأين

$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

علما ان $\ln 10^{-14} = -32.24$

الحـــــــل/

$$TK = t(C°) + 273 = 25 + 273 = 298$$

$$\Delta G° = -RT \ln K_{eq}$$

$$\Delta G° = -(8.314\ J / K\ .\ mol \times 298\ K) \ln 10^{-14}$$

$$\Delta G° = (-2477.6\ J\ .\ mol) \times \ln 10^{-14}$$

$$\Delta G° = (-2477.6\ J\ .\ mol) \times -32.24$$

$$\Delta G° = 79881\ J\ .\ mol$$

2 - 11 قاعدة لي شاتليه

((اذا اثر مؤثر خارجي مثل تغير التركيز او الحجم او الضغط او درجة الحرارة على تفاعل ما في حالة الاتزان فان هذا التفاعل يتجه بالاتجاه الذي يقلل من تأثير ذلك المؤثر ليصل التفاعـــــــــل الى حالة الاتزان الجديدة))

- يشبه هذا المبدأ قانون نيوتن في الأنظمة الميكانيكية.

(لكل فعل رد فعل مساوله بالقيمة ومعاكس بالاتجاه)

- **موضع الاتزان :ـ** مدى انحراف او انزياح الاتزان الكيميائي ناحية تكوين المواد الناتجة او المتفاعلة لتفاعل كيميائي متزن.

المؤثرات الخارجية التي تؤدي الى الإخلال بحالة الاتزان هي

أولا :ـ تأثير التغير في تراكيز المواد المتفاعلة او الناتجة على موضع الاتزان.

في تفاعل هابر لانتاج الامونيا

$$3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

لاحظ ماذا سيحدث

- عند إضافة مزيد من الهيدروجين او النتروجين(اي من المواد المتفاعلة) سينزاح التفاعل نحو تكوين الامونيا اي نحو اليمين(للتقليل من الكمية الزائدة من المواد المتفاعلة) اي ان سرعة التفاعل الأمامي ستزداد ويستمر ذلك حتى الوصول الى حالة اتزان جديدة.
- عند إضافة مزيد من الامونيا(اي من المواد المتفاعلة) سينزاح التفاعل نحو المتفاعلات اي نحو اليسار (لتقليل من الكمية الزائدة من الامونيا) ويستمر ذلك حتى الوصول الى حالة اتزان جديدة.
- عند سحب H_2 او N_2 التفاعل ينزاح نحوهما اي من اليمين الى اليسار.
- عند سحب كمية من الامونيا ينزاح التفاعل من اليسار الى اليمين.

الخلاصة:

١ـ عند الاضافة الى النواتج ينزاح التفاعل نحو المتفاعلات اي نحو اليسار.

٢ـ عند الاضافة الى المتفاعلات ينزاح التفاعل نحو النواتج اي نحو اليمين.

٣ـ عند السحب من النواتج ينزاح التفاعل نحو النواتج اي نحو اليمين.

٤ـ عند السحب من المتفاعلات ينزاح التفاعل نحو المتفاعلات اي نحو اليسار.

الخلاصة : عند السحب نفس الاتجاه
عند الاضافة عكس الاتجاه

ثانيا :ـ تأثير الضغط او حجم اناء التفاعل على موضع الاتزان.

ان التغير بالضغط المسلط على التفاعل او التغير بحجمه يكون بالصورة الاتية

التغير	انحراف الاتزان
زيادة الضغط	باتجاه الطرف ذي عدد المولات الغازية الاقل من غيرها
نقصان الضغط	باتجاه الطرف ذي عدد المولات الغازية الأكثر من غيرها
زيادة الحجم	باتجاه الطرف ذي عدد المولات الغازية الأكثر من غيرها
نقصان الحجم	باتجاه الطرف ذي عدد المولات الغازية الاقل من غيرها

ملاحظات:

- Δn_g قيمة سالبة يعني عدد مولات المتفاعلات أكثر من عدد مولات النواتج.
- Δn_g قيمة موجبة يعني عدد مولات النواتج أكثر من عدد مولات المتفاعلات.
- $\Delta n_g = 0$ يعني عدد مولات النواتج = عدد مولات المتفاعلات(هنا ليس هناك اي تأثير لزياد او نقصان الضغط).
- زيادة الضغط يعني نقصان الحجم والعكس بالعكس (علاقة عكسية قانون بويل).

مثال عام عن تأثير الضغط والحجم.

$$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$$

نلاحظ ان قيمة $\Delta n_g = -1$ اي ان عدد المولات قل وبالتالي الحجم الكلي للتفاعل قل

لذا فان زيادة الضغط على هذا التفاعل سوف ينزاح باتجاه النواتج لانها تشغل حجما اقل

اما عند تقليل الضغط على هذا التفاعل سوف ينزاح باتجاه المتفاعلات لانها تشغل حجما أكبر.

ثالثا :ـ تأثير درجة الحرارة

التغيير	التفاعلات الباعثة للحرارة	التفاعلات الماصة للحرارة
زيادة درجة الحرارة	ينزاح نحو المتفاعلات تقل قيمة K_{eq}	ينزاح نحو النواتج تزداد قيمة K_{eq}
نقصان درجة الحرارة	ينزاح نحو النواتج تزداد قيمة K_{eq}	ينزاح نحو المتفاعلات تقل قيمة K_{eq}

الخلاصة المهمة لتأثير الدرجة الحرارة

١ـ في حالة التحكم بدرجة الحرارة اتبع الجدول ادناه

نوع التفاعل	التأثير	الاتجاه	ملخص مهم	قيمة الثابت	ملاحظات
ماص	زيادة درجة الحرارة	نحو النواتج	مزن	تزداد	رفع – تسخين يعني زيادة
ماص	خفض درجة الحرارة	نحو المتفاعلات	مخم	تقل	تقليل – تبريد يعني خفض
باعث	زيادة درجة الحرارة	نحو المتفاعلات	بزم	تقل	
باعث	خفض درجة الحرارة	نحو النواتج	بخن	تزداد	

٢ـ في حالة ان الحرارة انخفضت او ارتفعت من تلقاء نفسه تتبع ما يلي

- في حالة الارتفاع بالحرارة ابحث عن الباعث او يمكن القول اذا التفاعل اتجه نحو الباعث يعني الحرارة ارتفعت.
- في حالة الانخفاض بالحرارة ابحث عن الماص او يمكن القول اذا التفاعل اتجه نحو الماص الحرارة انخفضت.

هناك فكرة/

أمثلة عن تأثير درجة الحرارة.

١ـ للتفاعل الاتي CO_2 + $CaO_{(s)}$ ⇌ طاقة + $CaCO_{3(s)}$

ماذا يحدث عن

أـ زيادة درجة الحرارة.(ينزاح التفاعل نحو اليمين اي باتجاه النواتج) م ز ن

بـ خفض درجة الحرارة. .(ينزاح التفاعل نحو اليسار باتجاه المتفاعلات) م خ م

٢ـ للتفاعل الاتي طاقة + $CO_{2(g)}$ ⇌ $O_{2(g)}$ + $2CO_{(g)}$

ماذا يحدث عن

أـ زيادة درجة الحرارة.(ينزاح التفاعل نحو اليسار اي نحو المتفاعلات) ب ز م

بـ خفض درجة الحرارة. .(ينزاح التفاعل نحو اليمين اي نحو النواتج) ب خ ن

رابعا :ـ العامل المساعد

العامل المساعد يؤدي فقط الى خفض طاقة التنشيط ولا يؤثر في تراكيز المواد المتفاعلة او الناتجة وبالتالي لا تؤثر على (((موضع الاتزان او قيمة ثابت الاتزان)))

علل/ إضافة العامل المساعد لا تؤثر موضع الاتزان؟ (مهم)

الجواب / لان العامل المساعد يزيد معدل سرعتي التفاعل الأمامي والخلفي بالدرجة نفسها فيتم الوصول الى حالة الاتزان بسرعة عالية دون حدوث في تغيرات المواد الداخلة في التفاعل.

2 - 11 العوامل المؤثرة على قيمة ثابت الاتزان □

١ـ التغير في الضغط والحجم وإضافة العامل المساعد لا تؤثر على قيمة ثابت الاتزان.

٢ـ التغير في درجة الحرارة هو وحده من يؤثر في قيمة ثابت الاتزان الكيميائي.

تذكر فقط الحرارة تؤثر على قيمة ثابت الاتزان

مهم جدا/ اذا اتجه التفاعل نحو النواتج قيمة ثابت الاتزان تزداد قيمة K_{eq}

اما اذا اتجه التفاعل نحو المتفاعلات قيمة ثابت الاتزان K_{eq} تقل

الامثلة والتمارين الخاصة بقاعدة لي شاتليه كلها مهمة (واردة وزاريا)

مثال (2 -14) للتفاعل المتزن □

$2Hg_{(l)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2HgO_{(s)}$

ΔH للتفاعل = 181 kJ- عند حرارة 298K

$K_p = 3.2 \times 10^{20}$ بين هل ان قيمة Kp عند 500K اكبر ام اقل من قيمتها عند 298K للتفاعل نفسه؟ □

الحل/ بما ان التفاعل باعث ودرجة الحرارة قد زادت هذا يعني ان التفاعل اتجه نحو المتفاعلات وبالتالي قيمة الثابت ستقل اي قيمة Kp اصغر عند 500K

تمرين (2 -17) للتفاعل المتزن □

$2BrF_{5(g)} \rightleftharpoons Br_{2(g)} + 5F_{2(g)}$

ΔH للتفاعل = 851kJ عند حرارة 1000 K و Kp

$= 7.14 \times 10^{-16}$ بين هل ان قيمة Kp عند 1500K اكبر ام اقل من قيمتها عند 1000K للتفاعل نفسه□

الحل/ بما ان التفاعل ماص ودرجة الحرارة قد زادت هذا يعني ان التفاعل اتجه نحو النواتج وبالتالي قيمة الثابت ستزداد اي قيمة Kp اكبر عند 1500K□

مثال(2-15) ما تأثير كل من العوامل التالية على حالة الاتزان وثابت الاتزان للتفاعل المتزن الاتي.

$$N_2F_{4(g)} \rightleftharpoons 2NF_{2(g)} \quad \Delta H= 38.5\ kJ/mol$$

١) تسخين خليط الاتزان في اناء مغلق.
٢) سحب N_2F_4 من خليط الاتزان عند ثبوت درجة الحرارة والحجم.
٣) خفض الضغط على خليط متزن بدرجة حرارة ثابتة.
٤) إضافة العامل المساعد الى خليط الاتزان.

الأجوبة/ ١ التفاعل ماص للحرارة وعند التسخين سيتجه التفاعل نحو اليمين اي نحو جهة النواتج وبالتالي تزداد النواتج وبزيادة النواتج تزداد قيمة K_{eq} لان ثابت الاتزان يتناسب طرديا مع تراكيز النواتج

٢ عند سحب كمية من N_2F_4 سوف يقل تركيزه وبالتالي سينزاح التفاعل نحو اليسار جهة المتفاعلات تعويض النقص الذي حصل في N_2F_4 ثابت الاتزان لن يتغير.

٣ عند خفض الضغط فانه سيتجه نحو جهة النواتج كونها اكبر عدد مولات وسينزاح التفاعل نحو اليمين ثابت الاتزان لا يتأثر بالضغط المسلط او الحجم.

٤ العامل المساعد يخفض طاقة التنشيط اي يزيد من سرعة التفاعل وبالتالي لا يؤثر على حالة الاتزان ولا يؤثر على ثابت الاتزان (هذه العبارة ثابتة دائما للعامل المساعد).

تمرين(2-18) ما تأثير كل من العوامل التالية على حالة الاتزان وثابت الاتزان للتفاعل المتزن الاتي.

$$3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2O_{3(g)} \quad \Delta H= 428\ kJ/mol$$

١) زيادة الضغط على التفاعل
٢) زيادة الضغط بإضافة مزيد من O_2 الى النظام.
٣) خفض درجة الحرارة.
٤) إضافة العامل المساعد

١) بزيادة الضغط سيتجه يقل الحجم نحو النواتج لانها الاقل عدد مولات غازية وثابت الاتزان لا يتأثر
٢) عند إضافة مزيد من O_2 سوف يزداد تركيزه وبالتالي يتجه التفاعل نحو اليمين
٣) التفاعل ماص للحرارة لذا عند خفض درجة الحرارة سوف يتجه نحو اليسار وبالتالي تزداد تركيز المتفاعلات عند زيادة تركيز المتفاعلات تقل قيمة ثابت الاتزان.
٤ العامل المساعد لا يؤثر على حالة الاتزان ولا يؤثر على ثابت الاتزان.

تمرين (2-19) يصل مزيج الغازات الموضوعة في وعاء مغلق عند 25C° الى حالة الاتزان كما في التفاعل الاتي.

$$C_2H_{4(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons C_2H_{6(g)} + 137KJ/\ mol$$

صف عدد من الإجراءات التي تؤدي لرفع كمية غاز C_2H_6 الناتجة من هذا التفاعل.

الجواب/

١) زيادة تراكيز المتفاعلات بشكل دائم.
٢) سحب غاز C_2H_6 باستمرار.
٣) كون التفاعل باعث يجب خفض(تبريد) درجة الحرارة باستمرار.
٤) زيادة الضغط لتقليل الحجم وبالتالي ستتجه التفاعل نحو النواتج لانها اقل عدد مولات

حل الاسئلة الخاصة بقاعدة لي شاتليه

سؤال (5-2) للتفاعل المتزن الغازي الباعث للحرارة

$$2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$$

كيف تتغير حالة الاتزان ولماذا؟

١) عند زيادة الضغط ٢) رفع درجة الحرارة ٣) سحب غاز N_2O_4

الاجوبة :-

١) عند زيادة الضغط يتجه التفاعل نحو النواتج : لانه بزيادة الضغط يقل الحجم وبالتالي يتجه نحو النواتج لانها الاقل عدد مولات غازية .

٢) رفع درجة الحرارة : - يتجه التفاعل نحو المتفاعلات :- لان التفاعل باعث وفي التفاعلات الباعثة يتجه التفاعل نحو المتفاعلات عند رفع درجة الحرارة.

٣) سحب غاز N_2O_4 : يتجه التفاعل من المتفاعلات نحو النواتج لتعويض النقص الحاصل في عملية سحب غاز N_2O_4

سؤال (6-2) ما تأثير كل من العوامل التالية على حالة الاتزان وثابت الاتزان للتفاعل المتزن الاتي.

$$PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{(2)} \quad \Delta H= 38.5\ kJ/mol$$

١) خفض درجة الحرارة. ٢) إضافة زيادة من Cl_2 الى خليط الاتزان.

٣) سحب PCl_3 من خليط الاتزان. ٤) زيادة الضغط على خليط الاتزان ٥) إضافة العامل المساعد.

الاجوبة/ ١- التفاعل ماص للحرارة سيتجه نحو اليسار (المتفاعلات) وتقل قيمة ثابت الاتزان.

٢- سيتجه نحو اليسار (المتفاعلات) ولا تتأثر قيمة ثابت الاتزان.

٣- سيتجه نحو اليمين (النواتج) ولا تتأثر قيمة ثابت الاتزان.

٤- سيتجه نحو المولات الاقل اي نحو اليسار (المتفاعلات) ولا تتاثر قيمة ثابت الاتزان

٥- يزيد من سرعة التفاعل وبالتالي لا يؤثر على حالة الاتزان ولا يؤثر على ثابت الاتزان.

سؤال (7-2) من اسئلة الفصل /// التفاعل المتزن الاتي

$$2SO_{2(g)} + O_{2\ (g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$$

انثالبي التفاعل = 198.2- ماذا يحدث للتراكيز SO_2 و O_2 و SO_3 عند الاتزان بعد

١- زيادة درجة الحرارة التفاعل. ٢- خفض الضغط المسلط على التفاعل.

٣- زيادة تركيز SO_2 في خليط الاتزان. ٤- إضافة عامل مساعد.

العامل	$[SO_3]$	$[O_2]$	$[SO_2]$
زيادة درجة الحرارة	يقل تركيزه	يزداد تركيزه	يزداد تركيزه
خفض الضغط المسلط	يقل تركيزه	يزداد تركيزه	يزداد تركيزه
زيادة تركيز SO_2	يزداد تركيزه	يقل تركيزه	يقل تركيزه بعد الزيادة
إضافة عامل مساعد	لا يتأثر	لا يتأثر	لا يتأثر

سؤال (8-2) من اسئلة الفصل /// هل يؤدي دائما رفع درجة الحرارة في اي تفاعل في حالة اتزان الى زيادة في تركيز النواتج اذا كانت إجابتك بالنفي فما هي التفاعلات التي تؤدي أو لا تؤدي الى زيادة نواتج.

الجواب / كلا ليس كل التفاعلات تؤدي الى زيادة التراكيز النواتج فقط التفاعلات الماصة التي لها انثالبي موجب تزداد تراكيز النواتج حيث تستخدم التفاعلات الحرارة الفائضة لتكوين النواتج. لكن التفاعلات الباعثة للحرارة تقوم النواتج باستخدام الحرارة الزائدة لزيادة تركيز المتفاعلات.

سؤال (9-2) للتفاعل المتزن الباعث للحرارة

$$2PbS_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2PbO_{(s)} + 2SO_{2(g)}$$

وضح تأثير كل من العوامل الاتية على حالة الاتزان وقيمة ثابت الاتزان

١) خفض الضغط المسلط ٢) تبريد اناء التفاعل.

الاجوبة :ـ

١)عند خفض الضغط:ـ بخفض الضغط يزداد الحجم وبالتالي يتجه التفاعل نحو المتفاعلات لانها الاكثر عدد مولات غازية ،،،،،،، ولا يتأثر ثابت الاتزان.

٢) تبريد اناء التفاعل:ـ بما ان التفاعل باعث يتجه التفاعل نحو النواتج وتزداد قيمة ثابت الاتزان.

سؤال (10-2) من اسئلة الفصل /// التفاعل الاتي ماص للحرارة يجري في اناء مغلق.

$$CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

ماذا يحدث للتفاعل المتزن عند الاتي

١ـ تقليل حجم الاناء؟	**الجواب / ينزاح التفاعل نحو المتفاعلات (خلفي).**
٢ـ إضافة مزيد من CaO لخليط الاتزان؟	**الجواب / لا يؤثر. لانه مادة صلبة.**
٣ـ سحب مزيد من $CaCO_3$ لخليط الاتزان؟	**الجواب / لا يؤثر. لانه مادة صلبة.**
٤ـ إضافة مزيد من CO_2 لخليط الاتزان؟	**الجواب/ ينزاح التفاعل نحو المتفاعلات (خلفي).**
٥- زيادة درجة الحرارة؟	**الجواب/ ينزاح التفاعل نحو النواتج (إمامي).**

سؤال (23-2) صف اربع اجراءات تؤدي لرفع المنتوج للتفاعل الغازي المتزن الباعث للحرارة.

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

الجواب/

١ـ سحب غاز الامونيا باستمرار. (لانه عند السحب من النواتج سيتجه التفاعل نحوه للتعويض النقص الحاصل)

٢ـ المحافظة على تراكيز المتفاعلات بشكل دائم. (للتخلص من فائض المتفاعلات يتجه نحو النواتج)

٣ـ خفض درجة الحرارة. (لان التفاعل باعث بخفض الحرارة يتجه نحو النواتج)

٤ـ زيادة الضغط (بزيادة الضغط يقل الحجم يتجه نحو النواتج لانها الاقل عدد مولات غازية)

سؤال(2-13) من اسئلة الفصل /// للتفاعل المتزن $A \rightleftharpoons 2B$

من خلال الجدول التالي أحسب K_p و K_c للتفاعل بدرجات الحرارة المختلفة ثم بين هل التفاعل ماص او باعث

رقم التفاعل	A(mol/L)	B(mol/L)	درجة الحرارة/ C°
1	0.0125	0.843	200
2	0.171	0.764	300
3	0.250	0.724	400

الحل/ التفاعل الاول

$$K_c = \frac{[B]^2}{[A]}$$

$$K_c = \frac{(0.834)^2}{(0.0125)} = 56.85$$

$$\Delta n_g = 2-1 = 1$$

$$T = t_{(c^\circ)} = 200 + 273 = 473\ K$$

$$K_p = K_c(RT)^{\Delta ng}$$

$$K_p = 56.85(0.082 \times 473)^1 = 2205$$

التفاعل الثاني بنفس الخطوات ستكون النتائج كالاتي $K_p = 160.3$ $K_c = 3.41$

التفاعل الثالث بنفس الخطوات ستكون النتائج كالاتي $K_p = 115.7$ $K_c = 2.09$

ولمعرفة التفاعل ماص او باعث ج/ نلاحظ انه كلما ارتفعت درجة الحرارة قيم ثابت الاتزان تقل اي ان التفاعل يتجه نحو المتفاعلات وبالتالي يعتبر التفاعل باعث (ب ز م)

اثرائي يشمل على كل مواضيع لي شاتليه:- واجب

للتفاعل التالي $2A_{(g)} + B_{(S)} + 100kJ \rightleftharpoons C_{(g)} + D_{(l)} + E_{(aq)}$

ماذا يحدث لحالة الاتزان وثابت الاتزان في الحالات التالية.

١ـ سحب تراكيز من A ج/

٢ـ اضافة تراكيز الى B ج/

٣ـ سحب تراكيز من C ج/

٤ـ سحب تراكيز من D ج/

٥ـ اضافة تراكيز الى E ج/

٦ـ زيادة الضغط. ج/

٧ـ زيادة الحجم. ج/

٨ـ تسخين اناء التفاعل ج/

٩ـ خفض درجة الحرارة ج/

١٠ـ اضافة عامل مساعد ج/

سؤال(2-22) للتفاعل الغازي الباعث للحرارة

$$2HI_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + I_{2(g)}$$

وفي اناء تفاعل حجمه لتر واحد وضعت مولات متساوية من H_2 وI_2 وضعفها من HI فوجد أن حرارة الاناء ارتفعت لحين استتباب حالة الاتزان وجد ان الاناء يحتوي 1mole من HI و 2mol من I_2 و H_2 أحسب.

1 – تراكيز مكونات مزيج التفاعل قبل بدء التفاعل   2- K_c ؛

الحـــــــــــــل/ لان الحجم 1 لتر M=n

بما ان التفاعل حرارته ارتفعت بعد وضع المواد اي اتجه نحو النواتج لانه باعث.

$2HI_{(g)}$	$\rightleftharpoons$	$H_{2(g)}$	$+ I_{2(g)}$
2Y		Y	Y
-2X		+X	+X
2Y -2X		Y+X	Y+X
1		2	2

ملاحظات عن هذا السؤال

من معطيات السؤال نحصل على المعادلتين ادناه

$$2Y - 2X = 1$$
$$Y + X = 2$$

نحل انيا نضرب معادلة 2

$$2Y - 2X = 1$$
$$2Y + 2X = 4$$

$$4Y = 5 \longrightarrow Y = \frac{5}{4} = 1.25\ M$$

وعليه التراكيز بداية التفاعل

$[H_2] = [I_2] = 1 \times 1.25 = 1.25M$

$[HI] = 2 \times 1.25 = 2.5\ M$

2)

$$Kc = \frac{[H_2][I2]}{[2HI]^2}$$

$$Kc = \frac{2 \times 2}{1} = 4$$

سؤال (2-28) في اناء مغلق حجمه لتر واحد اجري التفاعل الاتي

$$H_2 + I_2 \underset{K_b}{\overset{K_f}{\rightleftharpoons}} 2HI$$

عند °490C كان ثابت سرعة التفاعل الامامي $K_f = 0.6256$ وثابت سرعة التفاعل الخلفي $K_b = 0.0136$

وان ثابت الاتزان للتفاعل بدرجة 872K يساوي59

بين كيف يتأثر عدد مولات HIعند الاتزان بهذه الاجراءات

أ) اضافة مزيد من H_2 .

ب) انخفاض درجة الحرارة.

ج) ازاحة بعض من I_2. (ازاحة يعني سحب)

الحلـــــــــــول /

يجب معرفة نوع التفاعل ماص او باعث

نستخرج اولا ثابت الاتزان عند حرارة 490 C° حيث

$$T(K) = 490 + 273 = 763\ K$$

$$K_{eq} = \frac{K_f}{K_b} = \frac{0.6256}{0.0136} = 46$$

وبعمل مقارنة بالتفاعلين نجد ان عند درجة 872K يساوي 59 اي انه بارتفاع درجة الحرارة زادت قيمة ثابت الاتزان اي التفاعل اتجه نحو النواتج اي نوع التفاعل ماص (م ز ن)

أ) اضافة مزيد H_2

عند اضافة مزيد من H_2 سوف ينزاح التفاعل نحو اليمين للتخلص من الفائض وبذلك تزداد مولات HI.

ب) انخفاض درجة الحرارة

بما ان التفاعل ماص عليه عند انخفاض درجة الحرارة في التفاعلات الماصة سيتجه التفاعل نحو المتفاعلات (م خ م) وبذلك تقل مولات HI

ج) ازاحة بعض من I_2 :

سيتجه التفاعل من اليمين نحـــــو اليسار لتعويض النقص الحاصل في اليود وبذلك تنقص عدد مولات HI

سؤال (2-31) للتفاعل التالي

$$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$$

ثابت الاتزان Kc لهذا التفاعل = $6\ X10^{-3}$ عند درجة حرارة 298K ولكنه يساوي عند درجة حرارة 35C° = $1.5\ X10^{-2}$ هل تفكك غاز رابع اوكسيد ثنائي النتروجين باعث ام ماص؟

الحل/ نحول وحدات حرارة التفاعل الثاني الى وحدات الكلفن

$$T(K) = 273 + 35 = 308\ K$$

وعليه نلاحظ انه عند ارتفاع درجة الحرارة ازدادت قيمة ثابت الاتزان اي التفاعل اتجه نحو النواتج اي التفاعل ماص

لانه في التفاعلات الماصة وبزيادة درجة الحرارة يتجه التفاعل نحو النواتج (م ز ن)

سؤال (2-32) للتفاعل التالي

$$2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$$

وجد ان خليط الاتزان بحرارة 25C يحتوي على $[SO_3]=0.002M$ و $[SO_2]=0.08M$ و $[O2] = 0.01M$ وعند تبريد التفاعل الى °10C وجد Kc =4 هل التفاعل باعث ام ماص.

الحل/ نجد Kc عند حرارة °25C

$$Kc = \frac{[SO2]^2 x\ [O2]}{[SO3]^2}$$

$$Kc = \frac{(0.08]^2 x\ [0.01]}{[0.002]^2} = 16$$

ومن معطيات السؤال Kc عند °10C = 4

اي بانخفاض درجة الحرارة قلت قيمة ثابت الاتزان اي التفاعل اتجه نحو المتفاعلات وهذا يعني ان التفاعل ماص لانه في التفاعلات الماصة وبانخفاض درجة الحرارة يتجه التفاعل نحو المتفاعلات (م خ م)

حل المتبقي من اسئلة الفصل الثاني

س١ / املأ الفراغات التالية.

١- في التفاعل الاتي $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_3 + 92KJ$ فان خفض درجة الحرارة يؤدي الى زيادة تركيز المواد الناتجة ب خ ن.

٢- اذا كانت قيمة ثابت الاتزان Kc لنظام متزن عند 500C تساوي $2\ X10^{-15}$ وقيمته عند 200C يساوي $2X10^{-12}$ ذلك يدل على ان التفاعل باعث للحرارة ب خ ن (خفضنا الحرارة زادت قيمة الثابت اي ذهب للنواتج).

٣- في التفاعل الاتي $Co_{(g)} + 2H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_3OH + 127KJ)$ عندما يضاف الهيدروجين الى هذا النظام فان حرارة التفاعل ترتفع.

فكرة عن نقطة ٣ (التفاعل باعث اضافة H_2 يتجه التفاعل نحو الأمامي الذي هو باعث واذا التفاعل اتجه نحو الباعث ترتفع الحرارة)

٤- في التفاعلات الانعكاسية الباعثة للحرارة يزاح موضع الاتزان نحو تكوين المواد المتفاعلة في التفاعل عند زيادة درجة الحرارة (ب ز م).

٥- في التفاعل المتزن $2CO_{(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} + C_{(s)}$ فأن خفض الضغط يزيد من استهلاك CO_2

فكرة عن نقطة ٥ (عبارة يزيد من استهلاك CO_2 يعني اتجاه التفاعل الحقيقي نحو النواتج التي مولاتها 2 بينما المتفاعلات 1 مول لان الكاربون لا يحسب كونه صلب وبذلك نحتاج الى خفض الضغط حتى يزداد الحجم ومنه يذهب نحو النواتج الأكبر عدد مولات) مرشحة

٦- في التفاعل المتزن الاتي $N_2 + O_2 + 180\ KJ \rightleftharpoons 2NO_2$ فان رفع درجة الحرارة لاناء التفاعل يعمل على زيادة قيمة Kc. م ز ن (زيادة النواتج يعني زيادة قيمة Kc).

٧- التغير بالضغط لا يؤثر على حالة الاتزان للتفاعل $2NO_2 \rightleftharpoons N_2 + O_2$ (مولات النواتج = مولات المتفاعلات)

٨- للتفاعل المتزن طاقة+ $2HCl \rightleftharpoons H_{2(g)} + Cl_{2(g)}$ يمكن زيادة تركيزHCl عند خفض الحرارة للتفاعل.

٩- في التفاعل المتزن $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$ وبحرارة معينة اذا كانت قيمة K_p للتفاعل = 3 والضغط الجزيئي لغاز NO_2 = 3atm فان الضغط الجزيئي لغاز N_2O_4 = 3atm.

الحل/ واجب

١٠- في تفاعل ما وجد ان قيمةKc = $1\ X10^{28}$ يدل على ان موضع التفاعل في اتجاه تكوين النواتج.

(كلما K_{eq} كبيرة تجاه النواتج صغيرة تجاه المتفاعلات).

١١- عندما تكون K_p اصغر من K_c فأن مجموع عدد المولات المتفاعلة أكبر من عدد مولات الناتجة

١٢ـ اذا كان حاصل التفاعل عند نقطة معينة من التفاعل اصغر من ثابت الاتزان للتفاعل فان التفاعل يتجه نحو **النواتج**.

١٣ـ عند رفع الضغط الكلي على حالة اتزان لتفاعل فيه عدد مولات الغازات المتفاعلة أصغر من عدد مولات الناتجة فان التفاعل يتجه نحو **المتفاعلة** (زيادة ضغط تقليل حجم فيذهب نحو الاصغر)

١٤ـ العلاقة بين ثابت الاتزان وتراكيز النواتج **طردية**.

١٥ـ عند خفض الضغط في تفاعل فيه ($\Delta ng = -1$) التفاعل ينزاح نحو **المتفاعلات** وثابت الاتزان **لا يتأثر**. (الاشارة السالبة يعني النواتج اقل بخفض الضغط الحجم يكبر فيذهب نحو المتفاعلات الضغط لايؤثر ابد على ثابت الاتزان).

١٦ـ تفاعل فيه $Kc = 4$ عند سحب النواتج من خليط الاتزان فان ثابت الاتزان **لا يتأثر**.

١٧ـ عندما $\Delta ng = \underline{0}$ لا يكون للضغط المسلط على التفاعل تأثير على حالة الاتزان.

١٨ـ يترجح التفاعل **الخلفي** لتفاعل متزن ماص عند تبريد اناء التفاعل. (م خ م)

١٩ـ في التفاعلات الماصة تزداد تراكيز المواد الناتجة عند **زيادة** درجة الحرارة.

٢٠ـ في تفاعل متزن وجد $Kc= \frac{Kp}{RT}$ مما يدل على مجموع عدد مولات المواد الغازية الناتجة **اكبر** من مجموع مولات المواد الغازية المتفاعلة .

فكرة عن نقطة ٢٠(العلاقة بين Kp وKc هي كالاتي($Kc = Kp(RT)^{-\Delta ng}$) ولان RT نزلت للمقام يعني الاس بقي سالب ولكي يبقى سالب يجب ان تكون قيمة Δng موجبة وهي لا تكون موجبة الا في حالة النواتج اكبر من المتفاعلات .

س٢ / اختر الإجابة الصحيحة (مرشح هكذا نوع من الاسئلة).

١ـ ثابت الاتزان Kc للتفاعل المتزن الاتي $2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2\,(g)}$ عند حرارة 227C° تبلغ 4.17×10^{-2} فان اتجاه التفاعل عند خلط 0.4M من SO_3 و 0.1M من O_2 و 0.02M من SO_3 تكون **أ ـ باتجاه المواد المتفاعلة** بـ باتجاه المواد الناتجة جـ ـ التفاعل في حالة اتزان

الجواب / يجب ايجاد Q من العلاقة التالية $Q= \frac{[SO3]^2}{[O2][SO2]^2}$

$Q = \frac{[0.4]^2}{[0.1][0.02]^2}$ $Q= \frac{0.16}{0.00004}$ $Q= 4000$

نلاحظ ان Q أكبر من Kc اذا التفاعل ينزاح باتجاه المواد المتفاعلة نقطة أ

٢ـ التفاعل المتزن $CO_{2(g)} + CaO_{(s)} \rightleftharpoons CaCO_{3(s)}$ يتم في وعاء مغلق فان كمية $CaCO_3$ تزداد عندما

أـ تزال كمية من غاز CO_2 من التفاعل عند الاتزان. بـ **يزداد الضغط الكلي** .

جـ ـ تضاف كمية من CaO الى خليط الاتزان. د – كل الاجابات السابقة خطأ.

٣- التفاعل المتزن $I_2 + F_2 \rightleftharpoons 2IF$ ثابت الاتزان Kc يساوي 1×10^6 بدرجة حرارة 2000K فاذا كان الضغط الجزيئي لغاز IF عند الاتزان = 0.2 atm و 4×10^{-3} لغاز F_2 فان الضغط الجزيئي لغاز I_2 =

أ- 5×10^4 atm ب- 1×10^{-5}
ب- جـ- 1×10^5 د- جميع الاجابات خطأ

$$Kc = \frac{P^2IF}{PI2 \times PF2} \rightarrow P\,I_2 = \frac{P^2IF}{Kp \times PF2}$$

$$P\,I_2 = \frac{P^2IF}{Kp \times PF2} = \frac{(0.2)^2}{10^6 \times 4 \times 10^{-3}} = \frac{4 \times 10^{-2}}{4 \times 10^3} = 1 \times 10^{-5}$$

٤- اذا كانت قيمة K_c للتفاعل $LiI \rightleftharpoons Li_{(g)} + \frac{1}{2}I_2$ عند 300K تساوي 640.3 فان قيمة Kc للتفاعل التالي $2Li + I_2 \rightleftharpoons 2LiI$ عند درجة الحرارة نفسها

أ- 25.3 ب- 41×10^4 جـ- 15.6×10^5 د – كل الاجابات السابقة خاطئة

$$Kc2 = \left(\frac{1}{Kc1}\right)^2 = \left(\frac{1}{640.3}\right)^2 = \frac{1}{409984} = 2.4 \times 10^{-6}$$ وعليه الجواب سيكون فرع د

٥- (مرشح جدا) عند مزج محلول K_2CrO4 مع محلول HCl فانه يصل الى حالة الاتزان حسب المعادلة

$$2CrO_4^{-2}{}_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} \rightleftharpoons Cr_2O_7^{-2}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

أصفر   برتقالي

اذا أردنا نجعل اللون البرتقالي هو السائد في الاناء نقوم بما يلي

أ – نضيف مزيد من الماء ب- نضيف مزيد من HCl جـ- نضيف مزيد من $K_2Cr_2O_7$

٦- (مرشح جدا) عند أضافة محلول NaOH الى المحلول السابق (نقطة٥) نتوقع ان يحدث

أ – زيادة بتركيز $Cr_2O_7^{-2}$ ب – نقص بتركيز $Cr_2O_7^{-2}$ جـ- زيادة بتركيز الماء

٧- للتفاعل المتزن الغازي $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 + 92KJ$ قيمة K_p للتفاعل عند 25C° = 5.5×10^{-5} لذا فان قيمة Kc للتفاعل تساوي

أ- 22513.3 ب- 9×10^4 جـ- 0.03 د – جميع الاجابات السابقة خطأ

$$K_c = K_p(RT)^{-\Delta ng} = 5.5 \times 10^{-5}(0.082 \times 298)^{-(-2)} = 5.5 \times 10^{-5} \times 597.11 = 0.03$$

٨- للتفاعل المتزن $Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2Br_{(g)}$ قيمة K_p عند الاتزان 2558.4 بدرجة حرارة 4000K وقيمة K_f للتفاعل بدلالة التراكيز المولارية تساوي 1.56 فان قيمة K_b =

أ- 0.2 ب- 20 جـ - 7.8 د – كل الاجابات السابقة خطأ

$$K_c = K_p(RT)^{-\Delta ng}$$
$$K_c = 2558(0.082 \times 400)^{-1}$$
$$Kc = \frac{2558.4}{400} = 7.8$$
$$Kc = \frac{Kf}{Kb} \quad Kb = \frac{Kf}{Kc} = \frac{1.56}{7.8} = 0.2$$

٩- للتفاعل المتزن $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$ ثابت الاتزان Kp=2 فان التفاعل سيتجه نحو النواتج عندما تكون التراكيز للمواد الناتجة والمتفاعلة بوحدات (mole/L) هي الاتي

أ- تركيز HI = 0.1 وتركيز I_2 = 0.05 وتركيز H_2 يساوي 0.05
ب- تركيز HI = 0.4 وتركيز I_2 = 0.1 وتركيز H_2 يساوي 0.2
جـ- تركيز HI = 0.001 وتركيز I_2 = 0.0002 وتركيز H_2 يساوي 0.0025
د – جميع الاجابات السابقة خطأ

س٣/ علل ما يأتي (على الأغلب تعليل وزاري)

١ـ زيادة حجم الاناء لتفاعل غازي($\Delta ng(Reactants) > \Delta ngProducts$) يؤدي الى خفض المنتوج.
ج/ وذلك لان التفاعل يتجه نحو المولات الأكبر والتي هي في هذا التفاعل مولات المواد المتفاعلة وبالتالي سيقل المنتوج.

٢ـ في التفاعل المتزن طاقة + B $\rightleftharpoons$ A لا تتغير حرارة التفاعل عند زيادة الضغط الكلي.
الجواب/ وذلك لان عدد مولات المواد الناتجة وعدد مولات المواد المتفاعلة متساوي لذا لن يتأثر موضع الاتزان وبالتالي لن تتغير حرارة التفاعل لان كمية الحرارة المفقودة = كمية الحرارة المكتسبة.

٣ـ قيمة ثابت الاتزان للتفاعلات غير الانعكاسية تكون كبيرة جدا.
الجواب / وذلك لان التفاعلات غير الانعكاسية يكون احد تراكيزها او جميعها للمواد المتفاعلة = صفر لانها تستهلك تماما لذا فالكمية الناتجة تكون كبيرة وبالتالي قيمة ثابت الاتزان كبيرة.

٤ـ ترتفع درجة حرارة تفاعل ماص عندما $Kc = 0.3$ و $Q = 1$.
الجواب/ لان قيمة Q اكبر من قيمة Kc فالتفاعل سيتجه نحو المتفاعلات (الخلفي) الذي هو باعث للحرارة في التفاعل اي تصبح كمية الحرارة المنبعثة أكبر من كمية الحرارة الممتصة.

٥ـ يعد التفاعل باعثا للحرارة اذا انخفضت قيمة Kc للتفاعل عند زيادة درجة الحرارة.
الجواب/ لانه كما هو معروف في التفاعلات الباعثة عند زيادة درجة الحرارة سيتجه التفاعل نحو المتفاعلات وبالتالي عند اتجاه التفاعل نحو المتفاعلات تقل قيمة ثابت الاتزان K_c.

٦ـ قيمة Kc ترتفع عند رفع درجة حرارة التفاعل في حالة التفاعلات الماصة للحرارة.
الجواب / لان في التفاعلات الماصة للحرارة عند زيادة درجة الحرارة يتجه التفاعل نحو الإمام اي تزداد تراكيز النواتج وتقل تراكيز المتفاعلات وان Kc تزداد بزيادة تركيز النواتج.

٧ـ زيادة الضغط على خليط متوازن ($\Delta ng = 1$) فان الاتزان يتجه باتجاه المتفاعلات.
ج/ Δng قيمتها موجبة يعني عدد مولات النواتج اكبر وعند زيادة الضغط يتجه نحو العدد الاقل اي نحو المواد المتفاعلة.

٨ـ تتوقف بعض التفاعلات تماما بينما تظهر تفاعلات أخرى وكأنها متوقفة. وزاري ٢٠١٣دور ثاني.
الجواب/ التفاعلات التي تتوقف هي تامة لانه يحدث استهلاك تام للمواد المتفاعلة جميعها او أحد منها اما التي تظهر وكأنها متوقفة فهي تفاعلات مستمرة باتجاهين وصلت الى حالة الاتزان وأصبحت التراكيز ثابتة.

٩ـ في التفاعل المتزن $Cl_2 + SO_2 \rightleftharpoons$ طاقة $+ SOCl_2$. ترتفع حرارة التفاعل عند إضافة SO_2 الى الخليط.
الجواب/ لانه بإضافة SO_2 الى الخليط يتجه التفاعل الى الخلف وبما ان التفاعل ماص هذا يعني ان الخلفي باعث وبالتالي باتجاه التفاعل الى الخلف ترتفع الحرارة ((لان كمية الحرارة الممتصة اكبر من الحرارة المنبعثة)

س٤/ عرف ما يأتي /

١ـ قانون فعل الكتلة ص٢ ٢ـ الاتزان الكيميائي ص٢ ٣ـ قاعدة لي شاتليه ص٣١

ا.د مينا الاحمد

ا.د اشرف الوائلي

2017

ـ مساعد الطالب في ـ

الكيمياء

الصف السادس العلمي
الفرع الاحيائي

الفصل الثالث

الاستاذ : مهند السوداني

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿وقل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون﴾

انطلاقا من قول المصطفى (ص): ((زكاة العلم نشرهُ وتعليمهُ))

تضع شبكة مواقع رحلة التفوق في السادس التعليمية التربوية الخيرية بين ايديكم احدى اعمالها من ملازم مرحلة السادس الاعدادي هذه المرحلة الهامة والمصيرية في حياة اعزائنا الطلبة وخاصة المتعففين منهم ولمن يتعذر عليه اقتناء هذه المساعدات المدرسية في محافظاتنا العراقية العزيزة بهدف النهوض وتطوير الواقع التعليمي ولو بالجزء اليسير.

إذ أن شبكتنا لاتقتصر على نشر الملازم المدرسية فقط أنما تقوم بنشر الدروس المرئية المجانية لأكفأ التدريسيين بالاضافة الى مجموعة قنواتنا التدريسية وكذلك الارشادات والنصائح وطرق الدراسة الصحيحة هذا من جهة. أما من جهة أخرى فهو كسر لشوكة بعض المحسوبين على الكادر التدريسي ممن يرفضون نشر ملازمهم والتعاون مع ابنائهم الطلبة ليأخذوا من المال هدفا أهم ويتناسوا مصلحة الطالب والواقع التعليمي المتدني.

علماً ان كادر الشبكة والقائمين عليها هم مجموعة من الشباب العراقي الواعي المثقف بالاضافة الى تعاون بعض المدرسين الكرام كما واننا غير تابعين لأي جهة كانت رسمية او غير رسمية انما سر تجمعنا وعملنا هو خيري بحت آملين من الله عز وجل ان يوفقنا لتقديم كل ما هو صالح لشعبنا و وطننا الحبيب.

كادر شبكة رحلة التفوق في السادس

٢٠١٥/٨/٢١

ا.د : اشرف الوائلي

ا.د : مينا الاحمد

جدول الحوامض والقواعد والأملاح

الحوامض القوية	الصيغة الكيميائية	الحوامض الضعيفة	الصيغة الكيميائية
١- حامض الكبريتيك	H_2SO_4	١- حامض الهيدروفلوريك	HF
٢- حامض النتريك	HNO_3	٢- حامض الهايدروسيانيك	HCN
٣- حامض الهيدروكلوريك	HCl	٣- حامض الكاربونيك	H_2CO_3
٤- حامض الهيدروبروميك	HBr	٤- حامض الفسفوريك	H_3PO_4
٥- حامض الهيدرويوديك	HI	٥- حامض الخليك	CH_3COOH
٦- حامض البيركلوريك	$HClO_4$	٦- حامض البنزويك	C_6H_5COOH
٧- حامض الكروميك	H_2CrO_4	٧- حامض النتروز	HNO_2
٨- حامض فوق المنغنيك	$HMnO_4$	٨- حامض الفورميك	$HCOOH$
		٩- حامض الكبريتوز	H_2SO_3
		١٠- حامض الفينول	C_6H_5OH

القواعد القوية	الصيغة الكيميائية	القواعد الضعيفة	الصيغة الكيميائية
١- هيدروكسيد الكالسيوم	$Ca(OH)_2$	١- الامونيا	NH_3
٢- هيدروكسيد الصوديوم	$NaOH$	٢- الانيلين	$C_6H_5NH_2$
٣- هيدروكسيد الباريوم	$Ba(OH)_2$	٣- البيريدين	C_5H_5N
٤- هيدروكسيد البوتاسيوم	KOH	٤- مثيل امين	CH_3NH_2
٥- هيدروكسيد الليثيوم	$LiOH$	٥- هيدروكسيد الفضة	$AgOH$

ملاحظـــــــــات

١- الحوامض القوية هي ثمانية حوامض كما هو واضح يمكن حفظها واعتبار باقي الحوامض ضعيفة هذه الحوامض تتفكك بشكل تام لذا ليس لها ثابت اتزان لذا اي حامض يعطى له ثابت اتزان في المواضيع القادمة هو حامض ضعيف (K_a) هو ثابت الحوامض.

٢- نفس الأمر ينطبق على القواعد القوية اي القواعد القوية ليس لها ثابت اتزان لانها تتفكك بشكل تام او بالأحرى لا يمكن قياس K_b لها كما يمكن ملاحظة ان اغلب القواعد القوية تنتهي ب (OH) عدا هيدروكسيد الفضة. ايضا سنعتبر هيدروكسيد المغنسيوم $Mg(OH)_2$ وايضا هيدروكسيد الروبيديوم RbOH قواعد قوية

٣- لاحظ هناك حوامض ضعيفة تم تأشيرها تنتهي ب (OH) هي حوامض عضوية وليست قواعد كما انها حوامض أحادية البروتون.

٤- اغلب هذه الحوامض والقواعد حينما تتأين بالماء ليس شرط كتابة الماء في المعادلة مباشرة تكتب عملية التحلل عدا القواعد الضعيفة يكتب الماء في المعادلة لإظهار ايون الهيدروكسيد.

٥- هناك أملاح كثيرة ذوبان واملاح شحيحة الذوبان وإعدادها كثيرة والنوعين من ضمن منهاج الدراسة كيف نفرق؟ للأملاح الشحيحة الذوبان ثابت يدعى ثابت حاصل الاتزان K_{sp} حينما يعطى في السؤال او يطلب (مجهول) فالملح شحيح الذوبان.

ملخص قوانين الفصل

١-الحامض الضعيف

$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$$

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]_{\text{متبقي}}}$$

درجة تفكك الحامض = $\frac{[H^+]_{\text{عند الاتزان}}}{[\text{الابتدائي للحامض}]}$

%لتفكك للحامض = $\frac{[H^+]_{\text{عند الاتزان}}}{[\text{الابتدائي للحامض}]}$ X 100%

او %لتفكك للحامض = درجة التفكك X 100%

[المتفكك] -[الحامض الابتدائي]=[الحامض غير المتفكك]

$PKa = - \log Ka \Rightarrow Ka = 10^{-Pka}$

$PH = - \log[H^+] \Rightarrow [H^+] = 10^{-PH}$

٢-القاعدة الضعيفة

$$B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$$

$$Kb = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]_{\text{متبقي}}}$$

درجة تفكك القاعدة = $\frac{[OH^-]_{\text{عند الاتزان}}}{[\text{الابتدائي للقاعدة}]}$

%لتفكك للقاعدة= $\frac{[OH^-]_{\text{عند الاتزان}}}{[\text{الابتدائي للقاعدة}]}$ X 100%

او %لتفكك للقاعدة = درجة التفكك X 100%

$PK_b = - \log K_b \qquad K_b = 10^{-Pkb}$

$POH = - \log[OH^-] \qquad [OH^-] = 10^{-POH}$

٣) محلول ملح مشتق من قاعدة قوية وحامض ضعيف

$$K_h = \frac{Kw}{Ka}$$

$$[H^+] = \sqrt{\frac{Ka \ X \ Kw}{C}} \qquad [OH^-] = \sqrt{\frac{K_w \ X \ C}{Ka}}$$

$$PH = \frac{1}{2}[PKw + PK_a + \log C]$$

٤) محلول ملح مشتق من حامض قوي وقاعدة ضعيف

$$K_h = \frac{Kw}{Kb}$$

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_w X C}{Kb}}$$

$$PH = \frac{1}{2}[PKw - PK_b - \log C]$$

٥) محلول بفر لمزيج مكون من حامض ضعيف وملحه.

$$PH = PKa + \log\frac{[Salt]}{[acid]}$$

وعند اضافة حامض قوي اليه يصبح

$$PH = PKa + \log\frac{[Salt]-[H+]}{[acid]+[H+]}$$

وعند اضافة قاعدة قوية اليه يصبح

$$PH = PKa + \log\frac{[Salt]+[OH-]}{[acid]-[OH-]}$$

٦) محلول بفر لمزيج مكون من قاعدة ضعيفة وملحها.

$$POH = PK_b + \log\frac{[Salt]}{[base]}$$

وعند اضافة حامض قوي اليه يصبح

$$POH = PK_b + \log\frac{[Salt]+[H+]}{[base]-[H+]}$$

وعند اضافة قاعدة قوية اليه يصبح

$$POH = PK_b + \log\frac{[Salt]-[OH-]}{[base]+[OH-]}$$

٧) الذوبانية (S)

$$AB_{(s)} + H_2O \rightleftharpoons A^+ + B^-$$

$$K_{SP} = [A^+][B^-]$$

$$S(mol/L) = \frac{S(g/L)}{M(g/mol)}$$

٨) ثابت التأين للماء

$PH + POH = 14$

$K_w = 1 X 10^{-14} = [H^+][OH^-]$

٩- قوانين اخرى سابقة مهمة للفصل

أ- قانون التخفيف $M_1V_1 = M_2V_2$ (قبل الاضافة / بعد الاضافة)

ب- قانون المولارية $M = \frac{m}{M \ X \ V_{(L)}}$

ومنه القانون المهم جدا جدا التالي

$m = M \times M \times V_{(L)}$

3-1 مقدمة :- اغلب التفاعلات تجري في المحاليل لذلك تعتبر المحاليل مهمة جدا في الكيمياء وان اغلب المحاليل تحضر باستعمال الماء او المذيبات العضوية لكن ما سيعتمد عليه هو المحاليل المائية.

3-2 المواد الالكتروليتية والمواد غير الالكتروليتية

المحلول المائي :- هو مزيج متجانس من ذوبان المذاب في المذيب(الماء).

وصنفت المحاليل على هذا الاساس الى صنفين

١- الالكتروليتات : - هي المواد التي يمكن لمحاليلها المائية القابلية علـــى التوصيل الكهربائي مثل كلوريد الصوديوم.

٢- المواد غير الالكتروليتية:- هي المواد التي تكون لمحاليلها المائية عـــــــدم القابلية على التوصيل الكهربائي مثل السكروز.

س/ ما هي المميزات او الصفات العامة للالكتروليتات؟ ٢٠١٣ (دور ثاني)

١- قابلية محاليلها على التوصيل الكهربائي سواء كانت منصهرة او على شكل محلول.

٢- تكون محصلة الشحنة لمحاليلها = صفر اي انها متعادلة.

٣- عند ذوبانها في الماء محلولها يتضمن ايونات موجبة وسالبة.

٤- تعتمد قابليتها للتوصيل الكهربائي على طبيعة الايونات المكونة وعلى تركيز الايونات ودرجة الحرارة.

- **تصنف الالكتروليتات الى صنفين**

١- الالكتروليتات القوية : وهي الالكتروليتات التي ينتج عند ذوبانها في الماء محاليل عالية التوصيل الكهربائي علل ((وذلك بسبب تفككها التام في محاليلها المائية)).ومن الامثلة عليه حامض HCl و $NaCl$ و H_2SO_4 و Na_2SO_4 و $NaOH$.

- عملية تفكك هذه الالكتروليتات يمكن تمثيلها بالمعادلات التالية

$$HCl \longrightarrow H^+ + Cl^-$$

$$H_2SO_4 \longrightarrow 2H^+ + SO_4^{-2}$$

- لاحظ المعادلة من سهم باتجاه واحد اي تفكك تام.

$$NaOH \longrightarrow Na^+ + OH^-$$

$$KNO_3 \longrightarrow K^+ + NO_3^-$$

$$Na_2SO_4 \longrightarrow 2Na^+ + SO_4^{-2}$$

بشكل عام هناك ٣ فئات من الالكتروليتات القوية.

١- **الحوامض القوية** ٢- **القواعد القوية** ٣- **معظم الاملاح الذائبة في الماء.**

س / كيف تحسب تراكيز الايونات في محاليل الالكتروليتات القوية؟

ج / تحسب مباشرة من تراكيز الالكتروليتات القوية كما في الامثلة ادناه.

مثال (1-3) احسب التراكيز المولارية لايون Ba^{+2} وايون OH^- في محلول 0.03M هيدروكسيد الباريوم $Ba(OH)_2$.

$Ba(OH)_2$	$\longrightarrow$	$Ba^{+2}_{(aq)}$	+	$2OH^-_{(aq)}$
0.03		0		0
-0.03		+0.03		للتوضيح 2 x (0.03)
0		0.03		0.06

وعليه تركيز $[Ba^{+2}]$ في المحلول = 0.03M

تركيز $[OH^-]$ في المحلول = 0.06M

تمرين (1-3) احسب تراكيز الاصناف الايونية في محاليل المركبات التالية حسب التراكيز المشار اليها 1) 0.25M من HBr 2) 0.055M من KOH 3) 0.155 من $CaCl_2$

الحـــــــلول)

1)

HBr	$\longrightarrow$	H^+	+	Br^-
0.25		0		0
0		0.25		0.25

---

2)

KOH	$\longrightarrow$	K^+	+	OH^-
0.055		0		0
0		0.055		0.055

---

3)

$CaCl_2$	$\longrightarrow$	Ca^{+2}	+	$2Cl^-$
0.155		0		0
0		0.155		0.310

٢ - الالكتروليتات الضعيفة : هي الالكتروليتات التي ينتج عند ذوبانها في الماء محاليل ضعيفة التوصيل الكهربائي علل (لكونها تتأين بشكل محدود في الماء) ومن الامثلة عليها حامض الخليك CH_3COOH والامونيا NH_3 واملاح شحيحة الذوبان مثل $AgCl$.

$$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)}$$

$$NH_{3(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$HCN_{(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + CN^-_{(aq)}$$

$$AgCl \rightleftharpoons Ag^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

لاحظ: عند ثبوت درجة الحرارة تتفكك جزيئات حامض الخليك الضعيف في محلوله المائي لينتج عنه ايونات الهيدروجين H^+ وايونات الخلات CH_3COO^- وفي نفس الوقت تتحد هذه الايونات مع بعضها لتكوين حامض الخليك (تفاعل خلفي) وعند الوصول الى حالة اتزان سيصبح له ثابت اتزان يعبر عن تراكيز المحاليل .

$$K_c = \frac{[H^+][CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$$

مثال (3-2) اكتب التعبير الرياضي لحساب قيمة Kc لمحلول الامونيا المخفف.

الجواب / نكتب معادلة تفكك الامونيا

$$NH_{3(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_4{}^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

$$K_{eq} = \frac{[NH_4{}^+][OH^-]}{[NH_3][H_2O]}$$

بما ان المذيب هو الماء الذي له قيمة ثابتة هي 55.55 M تم استنتاجها بالصورة التالية

$$\rho H_2O = 1\ Kg / L = 1000 g / L$$

$$M(H_2O) = (1 X 2) + (16 x 1) = 18\ g / mol$$

$$M = \frac{m(g)}{M\ (g/moL) x\ V(L)} = \frac{1000(g)}{18\ (g/moL) x\ 1(L)} = 55.55\ M$$

يدمج هذا الثابت مع K_{eq} لينتج K_C وعلية سيكون ثابت الامونيا كالاتي

$$K_C = \frac{[NH4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

وعليه يجب الانتباه عندما يكون الماء هو المذيب عند التعبير عن قيم KC لن نكتب قيمة [H2O] في قانون ثابت الاتزان لانها قيمة ثابتة دخلت مع قيمة ثابت الاتزان.

3-3 تفكك الالكتروليتات الضعيفة.

كما مر سابقا فان تعريف الحامض والقاعدة حسب نظرية برونشتد يكون كالاتي:-

__الحامض__ :- هي المادة التي لها القابلية على فقدان بروتون لتكوين قاعدة قرينة .

حامض ⇌ قاعدة قرينة + بروتون

__القاعدة__ :- هي المادة التي لها القابلية على اكتساب بروتون لتكوين حامض قرين.

حامض قرين ⇌ بروتون + قاعدة

١- الحوامض الضعيفة:- تعد الكتروليتات ضعيفة لان عملية تفككها في الوسط المائي تخضع الى حالة اتزان بين الجزيئات غير المتفككة والايونات الناتجة يمكن التعبير عنها بواسطة ثابت الاتزان.

المعادلة العامة لتفكك الحوامض الضعيفة

$$HA + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + A^-$$

$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$$

وعليه علاقة ثابت الاتزان ستكون بالصور التالية

ليس هناك فرق بين H^+ و H_3O^+

$$K_a = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]}$$

هذه من سيعتمد عليها ← $$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

Ka (a من acid وتعني حامض) وهي تمثل ثابت تفكك الحامض او ثابت التأين للحامض الضعيف.

ملاحظات حسابية لمسائل الحوامض الضعيفة والقواعد الضعيفة.

١- نكتب معادلة تفكك الحامض القوي او القاعدة الضعيفة

$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$ | $B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$

٢- نكتب الفرضية من حقلين فقط حيث تمثل X تركيز ايونات $[H^+]$ للحامض و $[OH^-]$ للقاعدة.

HA	H^+	A^-		$B + H_2O$	BH^+	OH^-
M	0	0		M	0	0
M - X	X	X		M – X	X	X

يهمل

٣- يستعمل اسلوب التقريب وذلك بإهمال قيمة X المطروحة بالحالات التالية.

أ- اذا كانت قيمة Ka او Kb = 10^{-5} ، 10^{-6} --------- الخ.

ب- درجة التفكك او التأين = 0.05 فما تحت .

جـ- النسبة المئوية للتأين = 5% فما تحت.

٤- تستخدم طريقة الدستور في حالة عدم اهمال قيمة X. (لن نستخدمها في المنهاج)

٥- درجة التفكك = (تركيز الجزء المتأين) / التركيز الابتدائي للمادة

٦- النسبة المئوية للتفكك= (تركيز الجزء المتأين) / التركيز الابتدائي للمادة X 100%

وعليه النسبة للتفكك = درجة التفكك X 100%

٧- تركيز المتبقي = [التركيز الاصلي (الابتدائي)] - [المتأين]

٩- سير اتجاه التفاعل دائما امامي.

١٠- تركيز H^+ للحامض القوي = تركيز الحامض × عدد ايونات الهيدروجين في الحامض

وعليه تركيز الحامض القوي = تركيز H / عدد ايونات الهيدروجين في الحامض / نفس الامر للقاعدة القوية

١١- ايضا احفظ قانون التخفيف وهو **عدد مرات التخفيف** = $\frac{M1}{M2}$ ← $M_2 = \frac{M1}{\text{عدد مرات التخفيف}}$

(مثال 3-3)أحسب تركيز ايون الهيدروجين المائي في 0.1M في محلول مائي لحامض الخليك ودرجة التأين والنسبة المئوية لتفكك الحامض علما انKa للحامض= 1.8×10^{-5}؟

الحــــل / H^+ + CH_3COO^- ⇌ CH_3COOH للفائدة $\sqrt{1.8} = 1.3$

0 0 0.1

X X 0.1 – X

$$K_a = \frac{[H^+][CH3COO^-]}{[CH3COOH]}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{X^2}{(0.1-X)}$$ يهمل

$X^2 = 1.8 \times 10^{-6}$ ⟶ $X = 1.3 \times 10^{-3}$ M = $[H^+]$

٢) درجة التفكك = $\frac{[H+] \text{ عند الاتزان}}{[\text{التركيز الابتدائي}]}$

$$= \frac{1.3 \times 10^{-3}}{0.1} = 1.3 \times 10^{-2}$$

٣) النسبة المئوية للتفكك = $\frac{[H+]}{[\text{التركيز الابتدائي}]} \times 100\%$

$$= \frac{1.3 \times 10^{-3}}{0.1} \times 100\% = 1.3\%$$

حل اخر للنسبة المئوية = درجة التفكك X 100 % = 1.3×10^{-2} X 100% = 1.3%

تمرين (2-3) احسب تركيز ايون الهيدروجين المائي لحامض الهيدروسيانيك HCN تركيزه 0.2M و Ka له = 4.9×10^{-10} ؟

الحــــل/ CN^- + H^+ ⇌ HCN

0 0 0.2

X X 0.2 – X

$$K_a = \frac{[H^+][CN^-]}{[HCN]}$$

يهمل $4.9 \times 10^{-10} = \frac{X^2}{0.2-X}$

بالجذر $X^2 = 0.98 \times 10^{-10}$

$X = 1 \times 10^{-5}$ M = $[H^+]$

واجب / احسب النسبة المئوية لتفكك هذا الحامض؟

مثال (3-4) احسب درجة التفكك والنسبة المئوية للتأين لحامض HF ($Ka = 6.8 \times 10^{-4}$) في محلولهما المائي بتركيز أ) 0.1M ب) 0.01M

الحـــل / نلاحظ ان ثابت التفكك اكبر من 10^{-5} لذا نستخدم طريقة الدستور

أ) $HF \rightleftharpoons H^+ + F^-$

HF	H^+	F^-
0.1	0	0
0.1 – X	X	X

$$K_a = \frac{[H^+][F^-]}{[HF]}$$

$$6.8 \times 10^{-4} = \frac{X^2}{(0.1-X)}$$

$$X^2 = (6.8 \times 10^{-5}) - (6.8 \times 10^{-4} X)$$

$$X^2 + (6.8 \times 10^{-4} X) - (6.8 \times 10^{-5}) = 0$$

نستعمل طريقة الدستور $\frac{-b \pm \sqrt{b^2-4ac}}{2a}$

وبتعويض الارقام نحصل على قيمة $X = 7.91 \times 10^{-3}$ M وهي قيمة تركيز [H^+] وعليه

درجة التفكك = $\frac{[H+]}{\text{[التركيز الابتدائي]}} = \frac{7.91 \times 10^{-3}}{0.1} = 7.91 \times 10^{-2}$

النسبة المئوية = درجة التفكك X 100 % = 7.91×10^{-2} X 100% = 7.91%

ب) نفس الخطوات النواتج ستكون كالاتي [H^+] = 2.29×10^{-3} M

درجة التفكك = 0.229 النسبة المئوية = 22.9 %

قبل الدخول الى السؤال اللاحق لاحظ

عدد مرات التخفيف = $\frac{M1}{M2}$ او يمكن القول $M_2 = \frac{M1}{\text{عدد مرات التخفيف}}$

تمرين (3-3) أحسب تركيز ايون الهيدروجين المائي لمحلول الفينول C_6H_5OH الذي تركيزه $Ka = 1.3 \times 10^{-10}$ أ) 0.2M ب) بعد تخفيفه لمئة مرة.

أ) 0.2M

للفائدة $\sqrt{0.26} = 0.51$

$C_6H_5OH \rightleftharpoons C_6H_5O^- + H^+$

C_6H_5OH	$C_6H_5O^-$	H^+
0.2	0	0
0.2 – X	X	X

$$K_a = \frac{[H^+][C6H5O^-]}{[C6H5OH]}$$

$$1.3 \times 10^{-10} = \frac{X^2}{0.2-X}$$ يهمل

$X^2 = 0.26 \times 10^{-10}$

$X = 0.51 \times 10^{-5}$ M = [H^+]

ب) بعد التخفيف 100 مرة

عدد مرات التخفيف = $\frac{M1}{M2}$

$M_2 = \frac{M1}{\text{عدد مرات التخفيف}} = \frac{0.2}{100} = 0.002$

$C_6H_5OH \rightleftharpoons C_6H_5O^- + H^+$

C_6H_5OH	$C_6H_5O^-$	H^+
0.002	0	0
0.002 – X	X	X

$$1.3 \times 10^{-10} = \frac{X^2}{0.002-X}$$ يهمل

$X^2 = 0.26 \times 10^{-12}$

$X = 0.51 \times 10^{-6}$ M = [H^+]

ملاحظات عن التخفيف

لو نلاحظ في المثاليين السابقين انه حينما خففنا التركيز 100 مرة قل تركيز ايون الهيدروجين بمقدار 10مرات لكن درجة التفكك لو طبقنا قانونها في الحالتين ستزداد 10مرات .

علل/ بتخفيف التركيز تزداد درجة التفكك؟

لان عملية التخفيف تؤدي الى زيادة تفكك المذاب و نقصان في كمية الجزء غير المتفكك .

الحوامض الضعيفة احادية البروتون والمتعددة البروتون.

حوامض احادية البروتون : - هي الحوامض التي تمتلك ذرة هيدروجين واحدة قابلة للتأين ويكون لها ثابت تفكك واحد مثل حامض الخليك CH_3COOH – الهيدروفلوريك HF.

حوامض متعددة البروتون : - هي الحوامض التي تمتلك اكثر من ذرة هيدروجين قابلة للتأين ويكون لها اكثر من ثابت تفكك بمقدار عدد البروتونات التي تمتلكها مثل حامض الاوكزاليك $H_2C_2O_4$ – حامض الفسفوريك H_3PO_4.

لاحظ تفكك حامض الاوكزاليك

$$H_2C_2O_4 \rightleftharpoons H^+ + HC_2O_4^- \qquad Ka = 5.37 \times 10^{-2}$$

$$HC_2O_4^- \rightleftharpoons H^+ + C_2O_4^{-2} \qquad Ka = 5.10 \times 10^{-5}$$

اما لحامض الفسفوريك H_3PO_4 ثلاثة تفاعلات تفكك

$$H_3PO_4 \rightleftharpoons H^+ + H_2PO_4^- \qquad Ka = 7.11 \times 10^{-3}$$

$$H_2PO_4^- \rightleftharpoons H^+ + HPO_4^{-2} \qquad Ka = 6.23 \times 10^{-8}$$

$$HPO_4^{-2} \rightleftharpoons H^+ + PO_4^{-3} \qquad Ka = 4.80 \times 10^{-13}$$

نلاحظ في المعادلات اعلاه ان $Ka_1 > Ka_2 > Ka_3$ (لماذا)

((السبب في ذلك ان الاصناف التي تحمل شحنة سالبة تنقص قابليتها على فقدان بروتون موجب الشحنة بسبب أزدياد التجاذب الالكتروستاتيكي بين ايونات ذرات الشحنات المختلفة))

س وزاري ٩٢ د ١/ أكتب معادلات تأين حامض الكبريتوز H_2SO_3 وبين اي خطوة لها ثابت تفكك اكبر ولماذا؟

٢- القواعد الضعيفة:- وتعرف حسب مفهوم برونشتد على انها التي لها القابلية على اكتساب البروتونات ولها ثابت تفكك K_b.

أشهر القواعد الضعيفة (حفظ صيغة وأسم)

١- الامونيا NH_3
٢- الانيلين $C_6H_5NH_2$ او C_6H_7N
٣- البريدين C_5H_5N
٤- مثيل امين CH_3NH_2

يعبر عن الاتزان الايوني في هذه المعادلات بكتابة H_2O في المعادلة لإظهار [-OH] في النواتج.

والمعادلة العامة هي

$$B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$$

ذرة هيدروجين واحدة فقط تنتقل.

$$K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]}$$

س/ أكتب معادلات تفكك القواعد الاربعة اعلاه

$$NH_{3(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$
$$C_6H_5NH_2 + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_6H_5NH_3^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$
$$C_5H_5N + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_5H_5NH^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$
$$CH_3NH_2 + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons$$

مثال(3-5) احسب تركيز $[OH^-]$ ودرجة التأين والنسبة المئوية للمحلول المائي للأمونيا الذي تركيزه = 0.2 علما K_b للامونيا = 1.8×10^{-5}

للفائدة $\sqrt{3.6} = 1.9$

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

0.2	0	0
0.2 – X	X	X

$$K_b = \frac{[NH4^+][OH^-]}{[NH3]}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{[x^2]}{0.2-X}$$ (يهمل)

$X^2 = 0.36 \times 10^{-5} = 3.6 \times 10^{-6}$

$X = 1.9 \times 10^{-3}$ **M** = $[OH^-]$

درجة التأين = $\frac{[OH-]}{[\text{التركيز الابتدائي}]}$

$$= \frac{1.9 \times 10^{-3}}{0.2} = 9.5 \times 10^{-3}$$

النسبة المئوية للتأين = درجة التفكك X 100%

$100 \times 9.5 \times 10^{-3} = 0.95\%$

تمرين (3-4) أحسب درجة التأين للمحلول المائي للانيلين C_6H_7N $K_b = 3.8 \times 10^{-10}$ وتركيزه = 0.1M واجب / الناتج 6.2×10^{-5}

للفائدة $\sqrt{38} = 6.2$

الحل/

أسئلة الفصل الخاصة لتفكك الحامض الضعيف والقاعدة الضعيفة

3 -10: - اذا علمت ان Ka لحامض البروبانويك C_2H_5COOH = $1.3 X 10^{-5}$ ما هي النسبة المئوية لتفكك الحامض المائي ذو التركيز 0.65M؟

الحـــــــل/ للفائدة $\sqrt{8.45}$ =2.9

$$C_2H_5COOH \rightleftharpoons C_2H_5COO^- + H^+$$

0.65	0	0
0.65 – X	X	X

$$K_a = \frac{[H^+][C2H5COO^-]}{[C2H5COOH]}$$

$$1.3 X 10^{-5} = \frac{[X^2]}{0.65-X}$$

$$X^2 = 0.845 X 10^{-5} = 8.45 X 10^{-6} M$$

$$X = 2.9 X10^{-3} M = [H^+]$$

النسبة المئوية للتأين = $\frac{[H+]}{[\text{الابتدائي}]}$ X 100 %

$$= \frac{2.9 \ X\ 10^{-3}}{0.65} X 100 = 0.45 \%$$

11-3 :- ما تركيز الامونيا NH_3 في المحلول الذي يكون في حالة اتزان مع 0.01M من $NH4^+$ و $1.2 X10^{-5}$ من $[OH^-]$ علما ان ثابت تفكك الامونيا = $1.8 X 10^{-5}$ ؟

الحـــــــل/

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH4^+ + OH^-$$

X	0.01	$1.2X10^{-5}$

$$K_b = \frac{[NH4^+][OH^-]}{[NH3]}$$

$$[NH_3] = \frac{[NH4^+][OH^-]}{[Kb]}$$

$$[NH_3] = \frac{0.01\ X\ 1.2\ X10^{-5}}{1.8\ X\ 10^{-5}}$$

[NH3] = 0.0066

$= 6.6 \ X 10^{-3}$ M

ملاحظات قبل الدخول الى سؤالي 17 و 26 والاسئلة الاثرائية المشابهة لهما (وارد وزاريا)

في هذا النوع الاسئلة سيعطي نسبة مئوية او درجة تفكك ويطلب ثابت تفكك الحامض او القاعدة خطوات الحل ستكون

١- من قانون النسبة المئوية نجد قيمة تراكيز الهيدروجين النهائية او الهيدروكسيد اي قيمة X

٢- نكتب معادلة التفكك وبالخطوات الاعتيادية لكن بدل من X سنضع قيمة تركيز الهيدروجين او الهيدروكسيد التي استخرجناها من النسبة المئوية او درجة التفكك.

٣- اذا كانت درجة التفكك او النسبة المئوية المعطاة هي

درجة التفكك او التأين = 0.05 فما تحت .

النسبة المئوية للتأين = 5% فما تحت.

ايضا نستخدم التقريب (الاهمال) حتى لو اصبحت قيمة X معلومة .

٤- اصبح لدينا بذلك تركيز الحامض او القاعدة النهائي وايضا التراكيز النهائية للايونات وبذلك نستطيع تطبيق قانون ثابت الاتزان للحامض او القاعدة واستخراج قيمته

3-17:- يتأين حامض الخليك CH_3COOH في محلوله المائي ذو التركيز 0.01 بمقدار 4.2% أحسب ثابت تأين الحامض؟

الحـــــل/

النسبة المئوية للتأين = $\frac{[H+]_{\text{عند الاتزان}}}{[\text{الابتدائي}]}$ x 100%

%4.2 = $\frac{[H+]}{[0.01]}$ x 100%

$[H^+] = \frac{4.2\ X\ 0.01}{100}$ = 4.2 X10^{-4}M = تركيز H^+ x

نكتب الان معادلة تفكك الحامض

$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$

CH_3COOH	CH_3COO^-	H^+
0.01	0	0
0.01- 4.2 X10^{-4} (يهمل)	4.2 X 10^{-4}	4.2 X10^{-4}

$$K_a = \frac{[H^+][CH3COO^-]}{[CH3COOH]}$$

$$K_a = \frac{(4.2\ X\ 10^{-4})^2}{[0.01]} = 1.764\ X10^{-5}$$

ملاحظة١ مهمة جدا قد نتسأل لماذا اهملنا والقيمة 10^{-4} فالجواب هذه ليست قيمة ثابت التفكك هذه قيمة التراكيز عند الاتزان.

ملاحظة٢: قمنا بإهمال القيمة الناتجة في جهة يسار التفاعل لان النسبة المئوية اقل من 5% لو كانت اكثر لما قمنا بالإهمال .

3-26 / أذا علمت ان درجة التفكك المئوية 0.01% = HCN من حامض 0.1M كم هو ثابت تأين هذا الحامض؟

الحـــــل/

النسبة المئوية للتأين = $\frac{[H+]_{\text{عند الاتزان}}}{[\text{الابتدائي}]}$ x 100%

%0.01 = $\frac{[H+]}{[0.1]}$ x 100%

$[H^+] = \frac{0.1\ X\ 0.01}{100}$ = 1 X10^{-5}M = تركيز H^+ x

نكتب الان تفكك الحامض الضعيف

$HCN \rightleftharpoons H^+ + CN^-$

HCN	H^+	CN^-
0.1	0	0
0.1 – 10^{-5} (يهمل)	10^{-5}	10^{-5}

$$K_a = \frac{[H^+][CN^-]}{[HCN]}$$

$$K_a = \frac{10^{-5}\ x\ 10^{-5}}{0.1} = 1\ x\ 10^{-9}$$

سؤال اثرائي / اذا كانت درجة التفكك للمحلول المائي للانيلين C_6H_7N = 2.76 x 10^{-5} وتركيزها الابتدائي 0.5 M جد ١) ثابت التأين للانيلين ٢) النسبة المئوية لمحلولها المائي.

الحـــل/ الناتج سيكون 3.8 X10^{-10}

4-3 التأين الذاتي للماء

هو تفاعل كيميائي يتم فيه انتقال البروتون من جزئ ماء الى جزئ اخر لتكوين ايون الهيدرونيوم H_3O^+ و OH^-

البرتنة : عملية انتقال البروتون من جزئية ماء الى جزئية ماء اخرى بصورة تلقائية وهي مسؤولة عن الصفة الامفوتيرية للماء.

$$H_2O + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$$

ويمكن كتابة المعادلة بصورة أبسط

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

وعليه

$$K_w = [H^+][OH^-]$$

لاحظ ان تركيز الماء لم يكتب ايضا في المقام كون ان تركيز الماء قيمة ثابتة قد دخل مع K_w ثابت

بصورة عامة عملية تكوين H^+ مصاحبة دائما لعملية تكوين OH^-

وعليه تركيز H^+ دائما مساوي لتركيز OH^- في جزيئات الماء مما يجعل الماء محلولا متعادلا وقد اثبت الدراسات الحديثة التي أجريت على الماء ان تركيز $[H^+]$ في جزيئاته = $1 X10^{-7}$ وكذلك تركيز $[OH^-]$

وعليه $K_w = (10^{-7})^2 = 10^{-14}$

ركز هنا : - كما ذكرنا ان الماء محلول متعادل ليس حامضي او قاعدي لذا اذا اضفنا اليه حامض يؤدي ذلك الى زيادة تركيز ايونات H^+ وحسب قاعدة لي شاتليه سيقلل هذا من تركيز ايونات OH^- للمحافظة على كمية Kw ثابتة والعكس صحيح. وخلاصة القول تكمن في التعابير ادناه

$[H^+] < [OH^-]$ المحلول قاعدي.

$[OH^-] < [H^+]$ المحلول حامضي.

ملاحظات حسابية عن التأين الذاتي للماء

١- أذا اراد حساب H^+ و OH^- لمحلول حامضي نقوم بالآتي

أ- نستخرج تركيز H^+ من تركيز الحامض كما تعلمنا من طرق حساب تركيز H^+ للحامض الضعيف او القوي.

ب-نستخرج OH^- من العلاقة التالية $Kw = [H^+][OH^-]$ ومن العلاقة

$$[OH^-] = \frac{Kw}{[H^+]} = \frac{10^{-14}}{[H^+]}$$

٢- أذا اراد حساب H^+ و OH^- لمحلول قاعدي نقوم بالآتي

أ- نستخرج تركيز OH^- من تركيز القاعدة القوية او الضعيفة

ب-نستخرج H^+ من العلاقة التالية $Kw = [H^+][OH^-]$ ومن العلاقة

$$[H^+] = \frac{Kw}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{[OH^-]}$$

٣-أذا اراد حساب H^+ من OH^- او بالعكس من العلاقة مباشرة $K_w = [H^+][OH^-]$

مثال 3-6 أحسب تراكيز H^+ و OH^- في M0.05 من حامض النتريك HNO_3 ؟

الحـــــــل /

$$HNO_3 \longrightarrow H^+ + NO_3^-$$

HNO_3	H^+	NO_3^-
0.05	0	0
0	0.05	0.05

$[H^+] = 0.05\ M$

لأستخراج تركيز $[OH^-]$ نستخدم العلاقة أدناه

$Kw = [H^+][OH^-]$

$$[OH^-] = \frac{Kw}{[H^+]}$$

$$[OH^-] = \frac{1\ X 10^{-14}}{[5\ X\ 10^{-2}]}$$

$$[OH^-] = \frac{10\ X 10^{-15}}{[5\ X\ 10^{-2}]} = 2\ \ X\ 10^{-13}\ M$$

تمرين (3-5) احسب تراكيز ايونات H^+ المائية في محلول يحتوي ايونات OH^- المائية بتراكيز

أ) 0.01M

$Kw = [H^+][OH^-]$

$$[H^+] = \frac{Kw}{[OH^-]}$$

$$[H^+] = \frac{1\ X 10^{-14}}{[1\ X\ 10^{-2}]} = 1\ \ X\ 10^{-12}\ M$$

ب) $5\ X\ 10^{-6}M$

$Kw = [H^+][OH^-]$

$$[H^+] = \frac{Kw}{[OH^-]}$$

$$[H^+] = \frac{1\ X 10^{-14}}{[5\ X\ 10^{-6}]}$$

$$[H^+] = \frac{10\ X 10^{-15}}{[5\ X\ 10^{-6}]}$$

$= 2\ \ X\ 10^{-9}\ M$

مثال اضافي / احسب تراكيز H^+ و OH^- في 0.03M محلول قاعدة ضعيفة B علما ان ثابت تفكك القاعدة الضعيفة = $1.2\ X\ 10^{-9}$ (ملاحظة معادلة القاعدة الضعيفة $B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$).

الاجوبة

$[OH] = 6X\ 10^{-6}$ $[H] = 1.6X\ 10^{-9}$

حسابات في اللوغاريتم قبل الدخول الى موضوع الأس الهيدروجينيPH والمواضيع اللاحقة

١- اللوغاريتم المستخدم في هذا الفصل اللوغاريتم الاعتيادي العشري ويعرف بالصورة التالية.

$$\text{Log } Y = X \longrightarrow Y = 10^{X}$$
$$\text{Log } 10^{Y} = Y$$

٢- لاحظ القوانين التي تنطبق على اللوغاريتم

a) $\text{Log } Z \times Y = \text{Log } Z + \text{Log } Y$

مثال١/ جد قيمة Log 5 X 6 علما ان Log 5 = 0.7 و Log6=0.78

$\text{Log } 5 \times 6 = \text{Log } 5 + \text{Log } 6 = 0.7 + 0.78 = 1.48$

مثال٢ / جد قيمة لوغاريتم 7×10^{-3} علما ان لوغاريتم 7 = 0.845

$\text{Log } 7 \times 10^{-3} = \text{Log } 7 + \text{Log} 10^{-3} = 0.845 - 3 = -2.155$

b) $\text{Log } \frac{Z}{Y} = \text{Log } Z - \text{Log } Y$

مثال٣/جد قيمة $\text{Log } \frac{1.8}{1.2}$ علما أن Log3 = 0.477 Log2 = 0.3

$\text{Log } \frac{1.8}{1.2} = \text{Log } \frac{18}{12} \quad \text{Log } \frac{3}{2} = \text{Log } 3 - \text{Log} 2 = 0.477 - 0.3 = 0.177$

٣- لاحظ كيفية ايجاد عدد اساسة 10 وفيه أس سالب

$X = 10^{-2.32}$

نضيف للاس +3 و-3 لماذا لان العدد الاولي 2 يعني لو كان مثلا 3.7 نضيف+4 و-4 سيصبح بالصورة التالية

$X = 10^{-2.32 +3 -3} \quad X = 10^{0.68 -3} \quad X = 10^{0.68} \times 10^{-3} = 4.79 \times 10^{-3}$

ملاحظة : سيزودك بهذه المعلومة في السؤال Log4.79 = 0.68 فانت تقوم بأخذ الرقم الي بجانب اللوغاريتم وتعوضه عن القيمة التي ظهرت لك بالسؤال.

مثال٤ جد قيمة Y اذا علمت ان $Y = 10^{-4.54}$ علما ان Log 2.88 = 0.46

$Y = 10^{-4.54 + 5 - 5} = 10^{0.46} \times 10^{-5} = 2.88 \times 10^{-5}$

أستفد من القيم التالية (يفضل حفظها) ونصيحة قم بحفظها.

Log 1 = 0	Log 2 = 0.3	Log 3 = 0.477	Log 4 = 0.6	Log 5 = 0.7
Log 6 = 0.78	Log 7 = 0.845	Log 8 = 0.9	Log 9 = 0.954	Log 10 = 1

5-3 الاس الهيدروجيني PH

يكون عادة التعامل مع التراكيز الصغيرة لأيونات H^+ و OH^- صعب جدا لذا تم اقتراح الاس الهيدروجيني PH (الدالة الحامضية) للتعبير عن حامضية المحلول.
والاس الهيدروكسيدي POH (الدالة القاعدية) للتعبير عن قاعدية المحلول.
وحسب العلاقات التالية

$$PH = -\text{Log}[H^+] = \frac{1}{[H^+]} \longrightarrow [H^+] = 10^{-PH}$$

$$POH = -\text{Log}[OH^-] = \frac{1}{[OH^-]} \longrightarrow [OH^-] = 10^{-POH}$$

أشتق علاقة تربط بين قيمتي PH و POH

$$[H^+]\ [OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

ناخذ لوغاريتم طرفي المعادلة

$$\text{Log}[H^+]\ [OH^-] = \text{Log}(1 \times 10^{-14})$$

$$\text{Log}[H^+] + \text{Log}[OH^-] = \text{Log}(1 \times 10^{-14})$$

نضرب طرفي المعادلة $-1 \times$

$$(-\text{Log}[H^+]) + (-\text{Log}[OH^-]) = -\text{Log}(1 \times 10^{-14})$$

$$PH + POH = 14$$

الجدول ادناه مهم جدا جدا ويجب حفظه

جدول يوضح طبيعة المحلول للقيم المختلفة لـPH و POH عند حرارة 25C°		
القيم عند 25°C	الحالة العامة	طبيعة المحلول
PH < 7 < POH	PH < POH	حامضي
PH = 7 =POH	PH = POH	متعادل
PH > 7 > POH	PH > POH	قاعدي

مثال (7-3) أحسب قيمة PH محلول فيه تركيز ايونات H^+ = 0.05 علما ان Log 5 =0.7

$$PH = -\text{Log}[H^+]$$
$$PH = -(\text{Log } 0.05)$$
$$PH = -(\text{Log } 5 \times 10^{-2})$$
$$PH = -(\text{Log } 5 + \text{Log}10^{-2})$$
$$PH = -(0.7 - 2) = 1.3$$

OH^- =POH
$=H^+ = PH$

ملاحظة مهمة جدا
١- العلاقة بين PH و POH علاقة عكسية.
٢- العلاقة بين $[H^+]$ و $[OH^-]$ علاقة عكسية.
٣- علاقة $[H^+]$ مع POH طردية ومع PH عكسية.
٤- علاقة $[OH^-]$ مع PH طردية ومع POH عكسية.

(تمرين (3-6) أحسب قيم الدالة الحامضية للمحاليل الاتية . علما ان Log 6 = 0.78

أ) $6 X 10^{-4}$M من حامض HCl

الحـــــــــل/

$HCl \longrightarrow H^+ + Cl^-$

$6 X 10^{-4}$	0	0
0	$6X10^{-4}$	$6X 10^{-4}$

$PH= - Log [H^+]$

$PH= - (Log 6 X 10^{-4})$

$PH= - (Log 6 + Log10^{-4})$

$PH= - (0.78 + - 4)= 3.22$

ب) 0.03 M من حامض H_2SO4

$H_2SO_4 \longrightarrow 2H^+ + SO_4^{-2}$

0.03	0	0
0	0.06	0.03

$PH= - Log [H^+]$

$PH = -(Log 0.06)$

$PH= - (Log 6 X 10^{-2})$

$PH= - (Log 6 + Log10^{-2})$

$PH = -(0.78 -2) = 1.22$

مثال (3-8) احسب$[H^+]$ و PH و $[OH^-]$ و POH لمحلول حامض HCl تركيزه 0.015M

$HCl \longrightarrow H^+ + Cl^-$

0.015	0	0
0	0.015	0.015

$[H^+] = 0.015 = 1.5 X 10^{-2} M$

$PH = - Log [H^+]$

$PH= - Log(1.5 X 10^{-2})$

$PH =- (Log1.5 + Log10^{-2})$

$PH = -(0.18 -2) =1.82$

$[H+][OH-]= 10^{-14}$

$[OH^-]= \frac{1 X 10^{-14}}{1.5 X 10^{-2}} = \frac{10 X 10^{-15}}{1.5 X 10^{-2}} = 6.7X 10^{-13}$M

$PH + POH = 14$

$POH = 14- PH = 14 – 1.82 = 12.18$

(تمرين 3-7) أذا علمت ان PH محلول حامض النتريك = 3.32 ما هي مولارية المحلول؟ علما ان Log 4.76 = 0.68

ملاحظة الحامض قوي واحادي البروتون لذلك تركيز الهيدروجين في المحلول = التركيز المولاري لذلك الحامض

الحـــــــل /

$[H^+] = 10^{-PH}$

$[H^+] = 10^{-3.32 + 4 - 4}$

$[H^+] = 10^{0.68 - 4}$

$[H^+] =4.76 X 10^{-4}M$ وهو نفسها مولاري الحامض

ملاحظات عن التمرين اعلاه

١- كما لاحظت كان المطلوب تركيز الحامض ولكونه حامض قوي واحادي البروتون فان تركيز الهيدروجين هو نفسه تركيز الحامض .

٢- لكن لو كان الحامض ثنائي البروتون فاننا بعد استخراج تركيز الهيدروجين سنطبق هذا القانون لاستخراج تركيز الحامض القوي

$$\text{تركيز الحامض} = \frac{(H^+)\text{المستخرج}}{\text{عدد بروتونات الحامض}}$$

مثال أضافي / أذا علمت ان PH لحامض الكبريتيك = 1.22 ما مولارية الحامض؟ علما ان Log 6 = 0.78

$[H^+] = 10^{-PH}$

$[H^+] = 10^{-1.22 + 2 - 2}$

$[H^+] = 10^{0.78} X 10^{-2}$

$[H^+] = 6 X 10^{-2} = 0.06 M$

$$\text{تركيز الحامض} = \frac{(H^+)\text{المستخرج}}{\text{عدد بروتونات الحامض}}$$

$$\text{وعليه تركيز الحامض} = \frac{0.06}{2} = 0.03 M$$

تمرين (3-9) احسب $[H^+]$ و PH و $[OH^-]$ و POH للمحلول المائي لـ $Ca(OH)_2$ تركيز 0.015 وهل المحلول حامضي ام قاعدي؟

واجب النتائج ستكون كالاتي

$[OH^-]= 0.03M$ $[H^+] = 3.33 X 10^{-13}$ M

P0H = 1.52   PH= 12.48

استفد من هذه المعلومة Log3.33 = 0.52

الحـــــــل/

تمرين (3- 8) اكمل الجدول التالي وهل هناك علاقة واضحة بين PH و POH ولماذا

المحلول	$[H^+]$	$[OH^-]$	PH	POH
0.15M HI	0.15	6.67×10^{-14}	0.82	13.18
0.06M RbOH	1.67×10^{-13}	0.06	12.78	1.22
0.02M $Ba(OH)_2$	2.5×10^{-13}	0.04	12.6	1.4
0.0003 $HClO_4$	0.0003	3.33×10^{-11}	3.53	10.47

log 15= 1.18 log 4= 0.6 log 6 = 0.78 log 3 = 0.47

$$RbOH \longrightarrow Rb^+ + OH^-$$

0.06	0	0
0	0.06	0.06

$[OH^-] = 0.06 = 6 \times 10^{-2}$ M

$POH = -\log[OH^-]$

$POH = -(\log 6 \times 10^{-2})$

$POH = -(\log 6 + \log 10^{-2})$

$POH = -(0.78 - 2) = 1.22$

$[H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$

$[H^+]= \frac{1 \times 10^{-14}}{[OH-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{6 \times 10^{-2}} = 1.67 \times 10^{-13}M$

PH + POH = 14

PH = 14 – POH= 14 – 1.22 = 12.78

$$HI \longrightarrow H^+ + I^-$$

0.15	0	0
0	0.15	0.15

$[H^+] = 0.15 = 15 \times 10^{-2}$ M

$PH = -\log[H^+]$

$PH = -(\log 15 \times 10^{-2})$

$PH = -(\log 15 + \log 10^{-2})$

$PH = -(1.18 - 2) = 0.82$

$[H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$

$[OH^-]= \frac{1 \times 10^{-14}}{[H+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{15 \times 10^{-2}} = 6.67 \times 10^{-14}$

PH + POH = 14

POH = 14 – PH= 14 – 0.82 = 13.18

$$HClO_4 \longrightarrow H^+ + ClO_4^-$$

0.0003	0	0
0	0.0003	0.0003

$[H^+] = 0.0003 = 3 \times 10^{-4}M$

$PH = -\log[H^+]$

$PH = -(\log 3 \times 10^{-4})$

$PH = -(\log 3 + \log 10^{-4})$

$PH = -(0.47 - 4) = 3.53$

$[H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$

$[OH^-]= \frac{1 \times 10^{-14}}{[H+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{3 \times 10^{-2}} = 3.33 \times 10^{-11}$

PH + POH = 14

POH = 14 – PH= 14 – 3.53 = 10.47

$$Ba(OH)_2 \longrightarrow Ba^+ + 2OH^-$$

0.02	0	0
0	0.02	0.04

$[OH^-] = 0.04 = 4 \times 10^{-2}M$

$POH = -\log[OH^-]$

$POH = -(\log 4 \times 10^{-2})$

$POH = -(\log 4 + \log 10^{-2})$

$POH = -(0.6 - 2) = 1.4$

$[H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$

$[H^+]= \frac{1 \times 10^{-14}}{[OH-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{4 \times 10^{-2}} = 2.5 \times 10^{-13}M$

PH + POH = 14

PH = 14 – POH= 14 – 1.4 = 12.6

العلاقة بين PH وPOH علاقة عكسية كلما زادت الPH قلت ال POH والعكس صحيح

سؤال(3-4) ما عدد غرامات CH_3COOH (M=60g/mol) الواجب اضافتها الى 250mL من الماء المقطر ليصبح PH المحلول بعد الاضافة 2.7 علما ان PKa للحامض =4.74 Log2 =0.3 Log1.8 =0.26

الحـــــــل/

$[H^+] = 10^{-PH}$

$[H^+] = 10^{-2.7+3-3}$

$[H^+] = 10^{0.3-3}$

$[H^+] = 2 \times 10^{-3}$ M = 0.002M = X

$Ka = 10^{-PKa}$

$Ka = 10^{-4.74+5-5}$

$Ka = 10^{0.26-5}$

$Ka = 1.8 \times 10^{-5}$

	CH_3COOH	⇌	CH_3COO^-	+	H^+
	Y		0		0
	Y – 0.002		0.002		0.002
	يهمل				

$$K_a = \frac{[H^+][CH3COO^-]}{[CH3COOH]}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{(0.002)^2}{[Y]}$$

$$Y = \frac{(0.002)^2}{[1.8 \times 10^{-5}]} = \frac{(4 \times 10^{-6})}{[1.8 \times 10^{-5}]}$$

Y = 0.22 M تركيز الحامض الابتدائي

نجد كتلة الحامض من العلاقة التالية

$m = M_{(mol/L)} \times M_{(g/mol)} \times V_{(L)}$

V(L) = 250 ml/1000mL/L =0.25 L

$m = 0.22 mol_{/L} \times 60_{g/mol} \times 0.25_{(L)}$

m = 3.3 g

سؤال(3-25)كم هي كتلة هيدروكسيد البوتاسيوم(M = 56g/mol) اللازم اضافتها الى 200ml لتصبح قيمة PH = 11؟

الحـــــــل / ملاحظة هيدروكسيد البوتاسيوم قاعدة قوية احادية الهيدروكسيد لذا بإيجاد تركيز $[OH^-]$ = تركيز القاعدة.

PH + POH= 14

POH= 14 – PH = 14 – 11 = 3

$[OH^-] = 10^{-POH}$

$[OH^-] = 10^{-3}$ = 0.001 M =[KOH]

نجد الكتلة من هذه العلاقة

$m_{(g)} = M_{(mol/L)} \times M_{(g/mol)} \times V_{(L)}$

$$V(L) = \frac{200\ ml}{1000\ ml/l} = 0.2L$$

$m_{(g)} = 0.001_{(mol/L)} \times 56_{(g/mol)} \times 0.2_{(L)}$

$m_{(g)} = 0.0112$ g

مثال أضافي (واجب) -: كم هي كتلة حامض الكبريتيك (M= 98g/mol) اللازم اضافتها الى 350ml لتصبح قيمة PH=2.4 علما ان Log 4 =0.6 ؟ ج/ 0.0686 g

الحـــــــل/

3-6 التمذوب

التمذوب : يقصد به تفاعل المادة مع المذيب المستعمل لإذابتها وغالبا ما تحدث بالمحاليل المائية وتدعى بالتحلل المائي.

س/ ما المقصود بالتحلل المائي؟

ج / هو تفاعل المادة المراد اذابتها مع الماء حيث تتضمن التفاعل مع ايونات H^+ او OH^-.

- انواع التحلل المائي.

- هناك انواع من التحلل المائي يتضمن تفاعل الجذر السالب (القاعدة القرينة A^-) للحامض الضعيف مع جزئ الماء لتكوين جزئ الحامض غير المتفكك مما يؤدي الى حدوث اضطراب بين ايونات H^+ و OH^- في الماء وبالتالي يتكون محلول قاعدي نتيجة زيادة ايونات OH^- (لاحظ المخطط ادناه).

$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$$

$$A^- + H^+ - OH^- \rightleftharpoons HA + OH^-$$

تكون زيادة من OH^- لذلك يصبح المحلول قاعدي.

مثال / تفاعل ايون الخلات مع الماء.

$$CH_3COO^- + H^+ - OH^- \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^-$$

زيادة من OH^- حامض الخليك الضعيف.

- وهناك نوع اخر من التحلل المائي يتضمن تفاعل الجذر الموجب (الحامض القرين) (M^+) للقاعدة الضعيفة مع جزئ الماء لتكوين جزئ القاعدة الضعيفة غير المتفككة مما يؤدي الى حدوث اضطراب بين ايونات H^+ و OH^- في الماء وبالتالي يتكون محلول حامضي نتيجة زيادة ايونات H^+

$$M^+ + H^+ - OH^- \rightleftharpoons MOH + H^+$$

تكون زيادة من H^+ لذلك يصبح المحلول حامضي.

مثال / تفاعل ايون الأمونيوم مع الماء.

$$NH_4^+ + H^+ - OH^- \rightleftharpoons NH_4OH + H^+$$

* حسب مفهوم برونشتد تسلك القاعدة القرينة للحامض القوي سلوك قاعدة ضعيفة بينما تكون القاعدة القرينة للحامض الضعيف قاعدة قرينة قوية ونفس الامر بالنسبة للحوامض.

في التفاعلات ادناه حدد الحامض القرين القوي والضعيف والقاعدة القرينة القوية والضعيفة

$$CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons CH_3COO^- + H_3O^+$$

حامض ضعيف — قاعدة قرينة قوية

$$HCl + H_2O \rightarrow Cl^- + H_3O^+$$

حامض قوي — قاعدة قرينة ضعيفة

$$NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$$

قاعدة قوية — حامض قرين ضعيف

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

قاعدة ضعيفة — حامض قرين قوي

انواع الاملاح.

١- املاح لقواعد قوية وحوامض قوية.
٢- املاح لقواعد قوية وحوامض ضعيفة.
٣- املاح لقواعد ضعيفة وحوامض قوية.
٤- املاح لقواعد ضعيفة وحوامض ضعيفة.

النوع الأول : املاح لقواعد قوية وحوامض قوية.

هي الاملاح الناتجة من الأيون الموجب للقاعدة القوية والايون السالب للحامض للقوي وهو يعطي محاليل متعادلة ((وذلك لان ليس لايوناتها الموجبة او السالبة القابلية على التفاعل بشكل ملحوظ مع جزيئات الماء)).

من الامثلة على هذه الاملاح KCl و NaCl و NaBr و K_2SO_4

بصورة عامة ان التقى احد الجذور للحوامض القوية مع احد الجذور للقاعدة القوية يتكون ملح متعادل مع بعض الاستثناءات **(راجع بداية الملزمة لتحدد جذور الحوامض القوية والقواعد القوية)**

علل١ / NaCl لا يؤثر على PH الماء؟

ج/ لأنه ملح متعادل ناتج من تفاعل حامض قوي HCl مع قاعدة قوية NaOH

$$HCl + NaOH \longrightarrow NaCl + H_2O$$

لذلك ليس لأيوناته الموجبة او السالبة على التفاعل بشكل ملحوظ مع جزيئات الماء.

النوع الثاني : املاح لقواعد قوية وحوامض ضعيفة.

عند أذابة هذا النوع من الأملاح يكون المحلول ذو صفة قاعدية دائما بسبب قابلية الأيون السالب للملح العائد للحامض الضعيف التفاعل مع أيونات H^+ في الماء لتكوين الحامض الضعيف وبالتالي تحصل زيادة في ايونات OH^- فتظهر الصفة القاعدية للمحلول ومن الامثلة على هذه الأملاح **KCN – HCOOK – CH_3COONa** بصورة عامة ان التقت جذور القواعد القوية مع جذور الحوامض الضعيفة .

علل٢/ عند ذوبان ملح خلات الصوديوم في الماء يتكون ملح قاعدي؟

ج/ لأنه ملح مشتق من قاعدة قوية وحامض ضعيف لذا فعند تفاعله مع الماء ستتفاعل ايونات الخلات السالبة (قاعدة قرينة قوية) مع ايونات H^+ لتكوين CH_3COOH وبذلك تنقص ايونات H^+ وسيصبح هناك فائض في ايونات OH^- ويصبح المحلول قاعدي.

$$CH_3COONa \xrightarrow{H_2O} Na^+ + CH_3COO^-$$

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^- \text{(زيادة)}$$

$$CH_3COO^- + H^+ \longrightarrow CH_3COOH$$

علل٣/ عند ذوبان ملح فورمات البوتاسيوم HCOOK في الماء تزداد قيمة PH؟ وزاري2003

ج/

التحلل المائي للايون السالب

يمكن وصف التحلل المائي لأيون الخلات بالمعادلة التالية.

$$CH_3COO^- + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^-$$

ويدعى ثابت الاتزان لهذا التفاعل بثابت التحلل المائي يرمز له K_h والتعبير عنه يكون

$$K_h = \frac{[CH3COOH][OH^-]}{[CH3COO^-]}$$ اكتب المعادلة هنا.

قوانين التحلل المائي لملح مشتق من قاعدة قوية وحامض ضعيف.

$PK_h = PK_w - PK_a$	$K_h = \frac{Kw}{Ka}$
$[H^+] = \sqrt{\frac{Kw \times Ka}{c}}$	$[OH^-] = \sqrt{\frac{Kw \times C}{Ka}}$
$K_h = \frac{[OH^-]^2}{C}$	$PH = \frac{1}{2}[PK_w + PK_a + Log\ C]$

حيث ان

K_h ثابت التحلل المائي	K_w ثابت الحاصل الايوني للماء و = 10^{-14}
PK_w يمثل سالب لوغاريتم قيمة K_w وهو قيمة ثابتة= 14	C = تركيز ملح الحامض غير المتحلل (التركيز الابتدائي للملح)
PKa يمثل سالب لوغاريتم قيمة Ka	PK_h يمثل سالب لوغاريتم قيمة K_h

الحالات التي نعرف فيها ان هذا الملح قاعدي.

١- من الصيغة الكيميائية له او من اسمه وخاصة ان بدأ بهذه الاسماء نتريت – خلات – فورمات - سيانيد – فلوريد وغالبا ينتهي بهذه الاسماء الصوديوم - الكالسيوم - البوتاسيوم - الباريوم - الليثيوم.

٢- حينما يقول له PH أكثر من 7 فانه ملح قاعدي او POH اقل من 7 .

٣- أذا كانت $[OH^-]$ > من 10^{-7} فأنه ملح قاعدي.

٤- حينما يعطي في السؤال قيمة Ka فانه سؤال يخص ملح قاعدي.

للتنويه العلاقة بين Kh و Ka علاقة عكسية.

الحامض الضعيف واسمه	جذر الحامض واسمه
حامض النتروز HNO_2	نتريت NO_2^-
حامض الخليك CH_3COOH	خلات CH_3COO^-
حامض الفورميك HCOOH	فورمات $HCOO^-$
حامض الهيدروسيانيك HCN	سيانيد CN^-
حامض الهيدروفلوريك HF	فلوريد F^-

امثلة وتمارين النوع الثاني من الاملاح

(مثال 3-10) مــــــــا قيمة ثابت التحلل المائي لملح خلات الصوديوم CH_3COONa أذا علمت ان ثابت تفكك حامض الخليك = 1.8×10^{-5}؟

الحـــــــــــــل / ملح خلات الصوديوم مشتق من قاعدة قوية وحامض ضعيف لذا يحسب ثابت تحلله من العلاقة التالية.

$$K_h = \frac{Kw}{Ka} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1.8 \times 10^{-5}} = \frac{10 \times 10^{-15}}{1.8 \times 10^{-5}} = 5.6 \times 10^{-10}$$

(مثال 3-11) أحسب قيمة PH لملح خلات الصوديوم CH_3COONa تركيزه 0.01M في حرارة 25C° علما ان ثابت تفكك حامض الخليك = 1.8×10^{-5}؟ علما ان Log1.8 =0.26

الحـــــــــل/ الملح مشتق من حامض ضعيف وقاعدة قوية يحسب له PH من العلاقة التالية

$$PH = \frac{1}{2}[PK_w + PK_a + Log\ C]$$

$PKw = - Log\ Kw = -(\log 10^{-14}) = 14$

$PKa = - Log\ Ka = -(\log 1.8 \times 10^{-5}) = -(Log\ 1.8 + Log 10^{-5}) = -(0.26 - 5) = 4.74$

$LogC = Log\ 0.01 = Log\ 10^{-2} = -2$

$$PH = \frac{1}{2}[14 + 4.74 - 2] = 8.37$$

تمرين(3-10)أحسب تركيز ايون الهيدروكسيد للمحلول المائي لملح سيانيد البوتاسيوم KCN تركيزه 0.1M (K_a HCN $=4.9 \times 10^{-10}$) هل المحلول حامضي ام قاعدي؟ $\sqrt{2.04}=1.43$

الحـــــــل/ الملح مشتق من قاعدة قوية KOH وحامض ضعيف HCN

$$[OH^-] = \sqrt{\frac{Kw \times C}{Ka}} = \sqrt{\frac{1 \times 10^{-14} \times 10^{-1}}{4.9 \times 10^{-10}}} = \sqrt{\frac{10 \times 10^{-16}}{4.9 \times 10^{-10}}} = \sqrt{2.04 \times 10^{-6}} = 1.43 \times 10^{-3} M$$

((مثال أضافي)) لتر من محلول احد الاملاح PH = 12 له وثابت التحلل المائي لـه= 5×10^{-5} ما عدد مولات الملح في المحلول؟

الحـــــــــل / بما ان PH > 7 المحلول قاعدي

$$K_h = \frac{Kw}{Ka} \longrightarrow K_a = \frac{Kw}{Kh} = \frac{1 \times 10^{-14}}{5 \times 10^{-5}} = = \frac{10 \times 10^{-15}}{5 \times 10^{-5}} = 2 \times 10^{-10}$$

$PH + POH = 14 \longrightarrow POH = 14 - PH \quad POH = 14 - 12 = 2$

$OH = 10^{-POH} = 10^{-2}\ M$

$$[OH^+] = \sqrt{\frac{Kw \times C}{Ka}} \longrightarrow 10^{-2} = \sqrt{\frac{10^{-14} \times C}{2 \times 10^{-2}}}$$ نربع الطرفين

$$10^{-4} = \frac{10^{-14} \times C}{2 \times 10^{-2}} \longrightarrow C = \frac{10^{-4} \times 2 \times 10^{-12}}{10^{-4}} = 2M$$ = تركيز الملح

$$[M] = \frac{n}{V} \longrightarrow n = M \times V = 2mol/L \times 1L = 2mol$$

النوع الثالث : املاح لقواعد ضعيفة وحوامض قوية.

عند أذابة هذا النوع من الأملاح يكون المحلول ذو صفة حامضية دائما بسبب قابلية الأيون الموجب للملح العائد للقاعدة الضعيفة التفاعل مع أيونات OH^- في الماء لتكوين القاعدة الضعيفة وبالتالي تحصل زيادة في ايونات H^+ فتظهر الصفة الحامضية للمحلول ومن الامثلة على هذه الأملاح NH_4Cl – NH_4Br – C_5H_5NHCl بصورة عامة ان التقت جذور القواعد الضعيفة مع جذور الحوامض القوية .

مثال توضيحي/

$$NH_4Cl \xrightarrow{H_2O} NH_4^+ + Cl^-$$

$$H_2O \rightleftharpoons OH^- + H^+ \text{ زيادة من}$$

$NH_4^+ + OH^- \rightarrow NH_4OH$

علل/ عند ذوبان ملح نترات الامونيوم في الماء يتكون ملح حامضي؟

ج/ لأنه ملح مشتق من قاعدة ضعيفة وحامض قوي لذا فعند تفاعله مع الماء ستتفاعل ايونات الامونيوم الموجبة (حامض قرين قوي) مع ايونات OH^- لتكوين NH_4OH وبذلك تنقص ايونات OH^- وسيصبح هناك فائض في ايونات H^+ ويصبح المحلول حامضي.

$$NH_4NO_3 \xrightarrow{H2O} NH_4^+ + NO_3^-$$

$$H_2O \rightleftharpoons OH^- + H^+ \text{ زيادة من}$$

علل/ عند ذوبان ملح كلوريد البيريديوم C_5H_5NHCl تقل قيمة PH؟

ج/

قوانين التحلل المائي لملح مشتق من قاعدة ضعيفة وحامض قوي.

$PK_h = PK_w - PK_b$	$K_h = \frac{Kw}{Kb}$
$K_h = \frac{[H^+]^2}{C}$	$[H^+] = \sqrt{\frac{Kw \; X \; C}{Kb}}$
$PH = \frac{1}{2}[PK_w - PK_b - Log\ C]$	

الحالات التي نعرف فيها ان هذا الملح حامضي.

١- من الصيغة الكيميائية له او من اسمه وخاصة ان بدأ بهذه الاسماء نترات – كبريتات – كلوريد - بروميد – كرومات وغالبا ينتهي بهذه الاسماء الامونيوم - البيريديوم - الانيلين .

٢- حينما يقول له PH اقل من 7 فأنه ملح حامضي او POH أكبر من 7 .

٣- أذا كانت $[H^+] > 10^{-7}$ فأنه ملح حامضي.

٤- حينما يعطي في السؤال قيمة Kb فانه سؤال يخص ملح حامضي.

امثلة وتمارين النوع الثالث من الاملاح

مثال (3-12) أحسب قيمة PH لملح كلوريد الامونيوم NH_4Cl تركيزه 0. 2M علما ان ثابت تفكك الامونيا = 1.8×10^{-5}؟ علما ان Log1.8 =0.26 . Log 2 = 0.3

الحـــــــل/ الملح مشتق من حامض قوي وقاعدة ضعيفة يحسب له PH من العلاقة التالية

$$PH = \frac{1}{2}[PK_w - PK_b - Log\ C]$$

$PKw = - Log\ Kw = -(log\ 10^{-14}) = 14$

$PK_b = - Log\ Kb = -(log\ 1.8 \times 10^{-5}) = -(Log\ 1.8 + Log10^{-5}) = -(0.26 - 5) = 4.74$

$LogC = Log\ 0.2 = Log\ 2 \times 10^{-1} = (Log2 + Log10^{-1}) = 0.3 – 1 = -0.7$

$$PH = \frac{1}{2}[14 - 4.74 + 0.7] = 4.98$$

تمرين(3-11) أحسب قيمة POH لملـــــــح نترات الامونيوم NH_4NO_3 تـــــــركيزه 0. 5M
$PK_b\ NH_3 = 4.74$؟ علما ان Log5 = 0.7

الحـــــــل/ الملح مشتق من حامض قوي وقاعدة ضعيفة يحسب له PH من العلاقة التالية

$$PH = \frac{1}{2}[PK_w – PK_b - Log\ C]$$

$PKw = - Log\ Kw = -(log\ 10^{-14}) = 14$

$PK_b = 4.74$

$LogC = Log\ 0.5 = Log\ 5 \times 10^{-1} = (Log5 + Log10^{-1}) = (0.7 – 1) = -0.3$

$$PH = \frac{1}{2}[14 - 4.74 + 0.3] = 4.78$$

$PH + POH = 14 \longrightarrow POH = 14 – PH = 14 – 4.78 = 9.22$

مثال أضافي / ما عـــــــدد مولات NH_4Cl في نصف لتر من الماء المقطر كي تصبح PH=5
؟ K_b ل $NH_3 = 1.8 \times 10^{-5}$

الجواب /

اسئلة الفصل الخاصة بالتمذوب

سؤال (3-3) في المحاليل الاتية هل يكون المحلول حامضي او قاعدي او متعادل ولماذا؟

أ) NH_4Cl محلول حامضي لأنه مشتق من حامض قوي وقاعدة ضعيفة.

ب) Na_2SO4 محلول متعادل لأنه مشتق من حامض قوي وقاعدة قوية.

ج) CH_3COONa محلول قاعدي لأنه مشتق من حامض ضعيف وقاعدة قوية.

د) CaF_2 محلول قاعدي لأنه مشتق من حامض ضعيف وقاعدة قوية.

هـ) $MgCl_2$ محلول متعادل مشتق من حامض قوي وقاعدة قوية.

و) KCl محلول متعادل مشتق من حامض قوي وقاعدة قوية.

سؤال (16-3) أحسب قيمة PH و OH^- لمحاليل الاملاح الاتية ؟

١) 0.1M سيانيد الصوديوم NaCN

$Log4.9 = 0.7$, $Ka = 4.9 \times 10^{-10}$

الجواب / اولا : - حساب PH

الملح مشتق من قاعدة قوية وحامض ضعيف وعليه

$$PH= 1/2[PK_w + PKa + Log\ C]$$

$$PKw = - Log\ Kw = -(log\ 10^{-14}) = 14$$

$$PKa = - Log\ Ka = -(log\ 4.9 \times 10^{-10}) =$$

$$-(Log\ 4.9 + Log10^{-10}) = -(0.7-10) = 9.3$$

$$LogC = Log\ 0.1 = Log\ 10^{-1} = -1$$

$$PH= 1/2[14 + 9.3 - 1] = 11.15$$

ثانيا : - حساب $[OH^-]$ من هذا القانون

$$[OH^-] = \sqrt{\frac{Kw \times C}{Ka}}$$

$$[OH]= \sqrt{\frac{1 \times 10^{-14} \times 10^{-1}}{4.9 \times 10^{-10}}} = \sqrt{\frac{10 \times 10^{-16}}{4.9 \times 10^{-10}}}$$

$$[OH^-] = \sqrt{2.04 \times 10^{-6}} = 1.43 \times 10^{-3} M$$

٢) 0.25M نترات الامونيوم. $Kb = 1.8 \times 10^{-5}$

$Log1.8 = 0.26$, $Log\ 2.5 = 0.4$

الجواب / اولا حساب PH

الملح مشتق من قاعدة ضعيفة وحامض قوي وعليه

$$PH= 1/2[PK_w - PK_b - Log\ C]$$

$$PKw= -Log\ Kw = -(log\ 10^{-14}) = 14$$

$$PKb = - Log\ Kb = -(log\ 1.8 \times 10^{-5}) =$$

$$-(Log\ 1.8 + Log10^{-5}) = -(0.26-5) = 4.74$$

$$LogC = Log\ 0.25 = Log\ 2.5 \times 10^{-1}$$

$$=(Log2.5 + Log10^{-1}) = (0.4 - 1) = -0.6$$

$$PH= 1/2[14 - 4.74 + 0.6] = 4.93$$

ثانيا/ لإيجاد $[OH^-]$ نجد اولا $[H^+]$ ومن ثم $[OH^-]$

$$[H^+] = \sqrt{\frac{Kw \times C}{Kb}}$$

$$[H^+]= \sqrt{\frac{1 \times 10^{-14} \times 2.5 \times 10^{-1}}{1.8 \times 10^{-5}}} = \sqrt{\frac{2.5 \times 10^{-15}}{1.8 \times 10^{-5}}}$$

$$[H^+] = \sqrt{1.39 \times 10^{-10}} = 1.18 \times 10^{-5} M$$

$$[OH-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1.18 \times 10^{-5}} = 8.5 \times 10^{-10} M$$

٣) 0.5 ملح نترات الصوديوم $NaNO_3$

الجواب / الملح مشتق من قاعدة قوية وحامض قوي لذا لا يعاني اي تحلل مائي ويكون محلوله المائي متعادل PH= 7 و $[OH^-] = 10^{-7}$

3-7 تأثير الايون المشترك

هي ظاهرة تقليل تفكك الالكتروليت الضعيف والناتجة من أضافة الكتروليت قوي يحوي أحد ايونات الالكتروليت الضعيف في نفس المحلول.

ملاحظات عن الايون المشترك.

- فكرة الايون المشترك هي محلول مائي يحوي مذابين أحدهما الالكتروليت الضعيف والاخر الكتروليت قوي يحوي ايون يشترك به مع الالكتروليت الضعيف لكن ليس $[H^+]$ او $[OH^-]$.
- **سوف نقتصر في دراستنا للايون المشترك على نوعين هما**
  ١- المركب الاساسي حامض ضعيف يضاف اليه احد املاحه.
  ٢- المركب الاساسي قاعدة ضعيفة يضاف اليها أحد املاحها.
- ان اضافة الالكتروليت القوي ستؤدي الى زيادة في تركيز الايون المشترك بين الالكتروليتن لذا سيؤدي الى حدوث خلل في عملية الاتزان وسيقل تركيز $[H^+]$ و$[OH^-]$.

خطوات حل مسائل الأيون المشترك.

١- نكتب معادلة تفكك الالكتروليت الضعيف(حامض او قاعدة) ونجد تركيز $[H^+]$ او $[OH^-]$ اذا طلب ما التأثير على تركيزهما او نجد درجة التفكك او النسبة المئوية حسب منطوق السائل.

٢- بعد أستخراج ((المطلوب)) نقوم بالخطوات التالية.

أ- نكتب معادلة تفكك الالكتروليت الضعيف من جديد لكن بدل ما نفرض التغير في التراكيز (X) سنفرض (X`).

ب-نكتب بعد ذلك تفكك الالكتروليت القوي ويفضل ان يكون هناك ترتيب للمعادلتين بحيث يوضع الايون المشترك في المعادلتين أحدهما أسفل الاخر (**ان التفكك للالكتروليت القوي سيكون تام).**

لاحظ المخطط التالي

$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$$

	HA	H^+	A^-
(يعطى بالسؤال او تعطى معلومات توصلنا اليه)	M	0	0
	M- X`	X`	X`

$$YA \rightarrow Y^+ + A^-$$

	YA	Y^+	A^-
(يعطى بالسؤال او تعطى معلومات توصلنا اليه)	M_2	0	0
	0	M_2	M_2

نفس القيمة

بعد هذا سيكون قانون ثابت تفكك الحامض بالصورة التالية.

يهمل

$$Ka = \frac{(M_2 + X^`)X^`}{(M - X^`)}$$

يهمل

$$Ka = \frac{X^`(M_2)}{(M)} \longrightarrow X^` = \frac{Ka \times M}{M_2}$$

(مثال 13-3) ما التأثير الذي تحدثه أضافة 8.2 g (0.1mol) من ملح خلات الصوديوم الى لتر من محلول حامض الخليك تركيزه 0.1 mol/L على تركيز ايون H^+ عند حرارة 25C° علما ان $Ka(CH_3COOH)= 1.8 \ X \ 10^{-5}$ للفائدة $\sqrt{1.8} = 1.3$

الحـــــــــل/ نجد اولا تركيز $[H^+]$ للحامض قبل أضافة خلات الصوديوم.

CH_3COOH	$\rightleftharpoons$	CH_3COO^-	+	H^+
0.1		0		0
0.1 – X		X		X

$$K_a = \frac{[H^+][CH3COO^-]}{[CH3COOH]}$$

$$1.8 \ X \ 10^{-5} = \frac{X^2}{(0.1-X)}$$ يهمل

$X^2 = 1.8 \ X \ 10^{-6}$ $\quad X = 1.3 \ X \ 10^{-3} \ M = [H^+]$

الان نحسب تركيز أيون H^+ في محلول الحامض بعد أضافة خلات الصوديوم

لان الحجم لتر واحد $M = n = 0.1 \ M$

CH_3COOH	$\rightleftharpoons$	CH_3COO^-	+	H^+
0.1		0		0
0.1 – X\`		X\`		X\`
CH_3COONa	$\rightarrow$	CH_3COO^-	+	Na^+
0.1		0		0
0		0.1		0.1

يهمل

$$Ka = \frac{(0.1 + X`)X`}{(0.1-X`)}$$

$$X` = \frac{Ka \ X \ 0.1}{0.1} = Ka = 1.8 \ X \ 10^{-5} \ M = [H^+]$$

نلاحظ ان تركيز $[H^+]$ قد انخفض بعد أضافة ملح خلات الصوديوم وهذا بسبب نقصان تفكك حامض الخليك

ملاحظات عن السؤال اعلاه والسؤال اللاحق.

١- ليس دائما التركيز الجديد = قيمة الثابت (Ka)او(K_b) فقط يساوي القيمة عندما يكون تركيز المضاف = تركيز الحامض او القاعدة الضعيفين.

٢- لو تمت الاضافة الى أكثر من لتر فان تركيز المضاف يحسب اولا وفق قانون المولارية M = n / V.

٣- من الممكن ان يطلب ما التأثير الذي تحدثه اضافة الملح على درجة التفكك او النسبة المئوية ويكون حل السؤال في نفس الخطوات لكن عند الوصول الى تركيز $[H^+]$ او OH^- نطبق قانون الدرجة او النسبة المئوية قبل الاضافة وبعد الاضافة مع الانتباه الى ان التركيز الابتدائي هو نفسه في الحالتين ما يتغير هو التركيز عند الاتزان.

٤- ليس شرط ان يعطي المضاف بعدد المولات او التركيز وانما يعطيه بالغرامات ويعطي له الكتلة المولية وعند ذلك لايجاد تركيزه نطبق القانون التالي

$$M = \frac{m_{(g)}}{M_{(g/mol)} X \ V_L}$$

تمرين (3- 12) ما هو التأثير الناتج من أضافة 0.5 mol من ملح كلوريد الامونيوم الى لتر واحد من محلول الامونيا تركيز 0.1 M على درجة تفكك القاعدة $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$

الحـــــــل/ نحسب درجة التفكك قبل أضافة الملح.

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

0.1	0	0
0.1 – X	X	X

$$K_b = \frac{[NH4^+][OH^-]}{[NH3]}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{X^2}{(0.1-X)}$$ يهمل

$$X^2 = 1.8 \times 10^{-6} \longrightarrow X = 1.3 \times 10^{-3}\ M = [OH^-]$$

درجة التفكك = $\frac{[OH^-]_{\text{عند الاتزان}}}{[NH_3]_{\text{الابتدائي}}} = \frac{1.3 \times 10^{-3}}{0.1} = \boxed{1.3 \times 10^{-2}}$

نحسب درجة التفكك بعد أضافة الملح

لان الحجم لتر واحد $n = 0.5 = M$ للملح

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

0.1	0	0
0.1 – X`	X`	X`

$$NH_4Cl \longrightarrow NH_4^+ + Cl^-$$

0.5	0	0
0	0.5	0.5

يهمل

$$K_b = \frac{(0.5 + X`)X`}{(0.1 - X`)}$$

$$\longrightarrow X` = \frac{1.8 \times 10^{-5} \times 10^{-1}}{0.5} = 3.6 \times 10^{-6} M$$

درجة التفكك = $\frac{[OH^-]_{\text{عند الاتزان}}}{[NH_3]_{\text{الابتدائي}}} = \frac{3.6 \times 10^{-6}}{0.1} = 3.6 \times 10^{-5}$

نلاحظ ان درجة تفكك القاعدة قد قلت نتيجة نقص تركيز ايون الهيدروكسيد عند الاتزان

ملاحظة :- نفس هذا التمرين اعلاه قد ورد وزاريا لكن بتغير بسيط انه لم يعطي المعلوم للمضاف مول ولكن اعطاه بالغرامات واعطى الكتلة المولية له لذا حساب تركيز المضاف يكون بالاعتماد على هذا القانون

$$M = \frac{m_{(g)}}{M_{(g/mol)} \times V_L}$$

3-8المحاليل المنظمة (محلول بفر)

محلول بفر : **محلول مائي مكون من مزيج لحامض ضعيف مع احد املاحه او قاعدة ضعيفة مع احد املاحها ويكون لهذا المزيج القابلية على مقاومة الاس الهيدروجيني PH عند أضافة كمية صغيرة من حامض قوي او قاعدة قوية.**

محلول بفر يكون نوعين

١- حامض ضعيف وملحه وقانونه يكون بالصورة الأتية

$$PH = PKa + Log\frac{[salt]}{[acid]}$$

٢-قاعدة ضعيفة وملحها وقانونها يكون بالصورة الأتية

$$POH = PK_b + Log\frac{[salt]}{[base]}$$

حالات محلول بفر

١) اضافة الحامض القوي الى محلول بفر (حامض ضعيف وملحه)

لاحظ المعادلات التالية

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

$$CH_3COONa \longrightarrow CH_3COO^- + Na^+$$

$$HCl \longrightarrow Cl^- + H^+$$

المؤثر هو الحامض القوي الذي يطلق ايونات H^+ فيزداد تركيزها وبالتالي سيؤدي الى ترجيح التفاعل الخلفي حسب قاعدة لي شاتليه فيزداد تركيز الحامض ويقل تركيز الملح بمقدار الاضافة وسيكون القانون لهذه الحالة بالصورة التالية.

$$PH = PKa + Log\frac{[Salt] - [H^+]}{[acid] + [H^+]}$$

٢)اضافة القاعدة القوية الى محلول بفر (حامض ضعيف وملحه)

لاحظ المعادلات التالية

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

$$CH_3COONa \longrightarrow CH_3COO^- + Na^+$$

$$NaOH \longrightarrow Na^+ + OH^-$$

$$\longrightarrow H_2O$$

المؤثر هو القاعدة القوية NaOH التي تطلق ايونات OH^- وتتحد مع ايونات H^+ الصادرة من الحامض الضعيف لانتاج الماء اي يقل تركيز $[H^+]$ وحسب قاعدة لي شاتليه يترجح التفاعل الامامي فيقل تركيز الحامض ويزداد تركيز الملح بمقدار الاضافة ويكون القانون كالاتي

$$PH = PKa + Log\frac{[Salt] + [OH^-]}{[acid] - [OH^-]}$$

س وزاري / وفق قاعدة لي شاتليه وضح كيف يحافظ محلول بفري مكون من حامض ضعيف وملحه على أسه الهيدروجيني عند أ) اضافة حامض قوي اليه ب) أضافة قاعدة قوية اليه.

الجواب/ العبارتين في الصفحة السابقة اللتان تبدأن بكلمة المؤثر..

٣)اضافة الحامض القوي الى محلول بفر (قاعدة ضعيفة وملحها)

لاحظ المعادلات التالية

$$NH_3+H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

$$NH_4Cl \longrightarrow NH_4^+ + Cl^-$$

$$HCl \longrightarrow Cl^- + H^+$$

$$\rightarrow H_2O$$

عند أضافة حامض HCl سوف يطلق ايونات [H+] التي ستتفاعل مع ايونات الهيدروكسيد لتكوين الماء وبالتالي يقل تركيز [OH^-]ويترجح التفاعل الامامي للقاعدة للتعويض عن النقص الحاصل فيقل تركيز القاعدة ويزداد تركيز الملح بقدر الاضافة.

$$POH = PK_b + Log\frac{[Salt]+[H^+]}{[base]-[H^+]}$$

٤)اضافة القاعدة القوية الى محلول بفر (قاعدة ضعيفة وملحها)

لاحظ المعادلات التالية

$$NH_3+H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

$$NH_4Cl \longrightarrow NH_4^+ + Cl^-$$

$$NaOH \longrightarrow Na + OH^-$$

عند أضافة القاعدة سوف يطلق ايونات [OH^-] التي تؤدي الى زيادة في ايونات[OH^-]ويترجح التفاعل الخلفي لتعويض لزيادة الحاصلة حسب قاعدة لي شاتليه للقاعدة للتعويض عن النقص الحاصل فيقل تركيز الملح بقدر الاضافة.

$$POH = PK_b + Log\frac{[Salt]-[OH^-]}{[base]+[OH^-]}$$

قوانين اخرى تخص قانون بفر

$$[H^+] = Ka \times \frac{[acid]}{[salt]}$$

$$[OH^-] = K_b \times \frac{[base]}{[salt]}$$

ملاحظات

١- تستعمل كثير من اجسامنا محلول بفر للمحافظة على قيمة PH ضمن نطاق محدود لا تسمح بتجاوزه.

٢- عند اضافة كمية صغيرة من حامض قوي الى الماء تزداد تراكيز H^+ بينما لا تؤدي اضافة نفس الكمية من الحامض الى محلول بفر(حامض وملحه) زيادة ملحوظة والسبب ان ايون H^+ في محلول بفر لا يبقى حرا في المحلول حيث يتفاعل مع ايون الحامض الضعيف وبذلك لا تنخفض قيمة PH بل تبقى ثابتة.

الامثلة والتمارين واسئلة الكتاب الخاصة بمحلول بفر

مثال (3-14) أحسب تراكيز H^+ و PH لمحلول مكون من 0.1 M حامض الخليك و 0.2M خلات الصوديوم علما ان $Ka = (CH_3COOH) = 1.8 \times 10^{-5}$ علما ان Log 9 = 0.954

الحــــــل/ المحلول محلول بفر مكون من حامض ضعيف وملحه وعليه

$$[H^+] = Ka \times \frac{[acid]}{[salt]}$$

$$[H^+] = 1.8 \times 10^{-5} \times \frac{[0.1]}{[0.2]} = 0.9 \times 10^{-5} = 9 \times 10^{-6}\ M$$

$PH = -\,Log\,[H^+]$

$PH = -(Log\ 9\times10^{-6})$

$PH = -\ (Log\ 9 \times 10^{-6})$

$PH = -(0.954 - 6) = 5.046$

حساب PH بطريقة اخرى

$$PH = PKa + Log\frac{[salt]}{[acid]}$$

$$PH = -(log1.8 \times 10^{-5}) + Log\frac{[0.2]}{[0.1]}$$

$PH = 4.74 + 0.3 = 5.04$

تمرين (3-13) احسب قيمة PH لمحلول يحتوي NH_3 بتركيز 0.15M و NH_4Cl بتركيز 0.3M وقارن النتيجة مع PH محلول الامونيا ذو تركيز 0.15M (علما ان $PK_b = 4.74$ (Log1.6=0.2) (Log2= 0.3) (Log 1.8 =0.26) ($\sqrt{2.7}$ =1.6)

الحـل/ المحلول الاول محلول بفر قاعدة ضعيفة وملحها

$$POH = PK_b + Log\frac{[salt]}{[base]}$$

$$POH = 4.74 + Log\frac{[0.30]}{[0.15]}$$

$POH = 4.74 + Log\ 2$

$POH = 4.74 + 0.3 = 5.04$

$PH + POH = 14$

$PH = 14 - POH = 14 - 5.04 = 8.96$

المحلول الثاني محلول الامونيا فقط.

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

0.15	0	0
0.15 –X	X	X

يجب حساب K_b اعتماد على PK_b

$K_b = 10^{-PKb}$

$K_b = 10^{-4.74+5-5}$

$K_b = 10^{0.26} \times 10^{-5}$

$K_b = 1.8 \times 10^{-5}$

تكملة تمرين (3- 13)

$$K_b = \frac{X^2}{(0.15-X)}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{X^2}{(0.15-X)}$$

$X^2 = 0.27 \times 10^{-5}$

$X^2 = 2.7 \times 10^{-6}$

$X = 1.6 \times 10^{-3}\ M = [OH^-]$

$POH = -\,Log\,[OH^-]$

$POH = -(Log\ 1.6\times10^{-3})$

$POH = -\ (Log\ 1.6 + Log\ 10^{-3})$

$POH = -(0.2 - 3) = 2.8$

$PH + POH = 14$

$PH = 14 - POH$

$PH = 14 - 2.8 = 11.2$

$\Delta\ PH = PH_2 - PH_1$

$\Delta\ PH = 11.2 - 8.96 = 2.24$

فكر لماذا PH في محلول الامونيا كانت اكبر من PH في محلول الامونيا والملح الحامضي سوية.

مثـــال (3-16)

أحسب قيمة PH بعد أضافة 1ml من حامض HCl تركيزه 10 M الى لتر من محلول بفر مكون من حامض الخليك تركيزه 0.1M وخلات الصوديوم تركيزها 0.1M علما ان $PK_a = 4.74$ Log8.1= 0.91

الحل/ ان المضاف هو حامض الهيدروكلوريك يحسب له التركيز الجديد بعد الإضافة

$V_2 = 1L \times 1000\ ml/L = 1000\ ml$

$V_1M_1 = V_2M_2$

$$M_2 = \frac{V1\ M1}{V2} = \frac{1ml \times 10M}{1000\ ml} = 0.01 = [H^+]$$

من معلومات السؤال هذا النوع هو اضافة حامض قوي لمحلول بفر مكون حامض ضعيف وملحه وقانونه بالصورة التالية

$$PH = PKa + Log\frac{[Salt]-[H^+]}{[acid]+[H^+]}$$

$$PH = 4.74 + Log\frac{(0.10)-(0.01)}{(0.10)+(0.01)}$$

$$PH = 4.74 + Log\frac{0.09}{0.11}$$

$$PH = 4.74 + Log\ 0.81$$

$$PH = 4.74 + Log\ 8.1 \times 10^{-1}$$

$$PH = 4.74 + (Log\ 8.1 + Log10^{-1})$$

$$PH = 4.74 + (0.91 - 1)$$

$$PH = 4.74 - (0.09) = 4.65$$

خطوات حل هذا نوع من المسائل.

١)ان حجم الحامض القوي او القاعدة القوية المضاف سيتغير وبالتالي سيتغير تركيزهما وعليه يجب أيجاد التركيز الجديد بعد الاضافة باستخدام هذه العلاقة

$V1\ M1 = V2\ M2$
(قبل الاضافة) (بعد الاضافة)

٢) المفروض ان V2 = حجم الحامض+حجم محلول بفر ولكن اذا كان حجم المضاف صغير جدا من 1ml الى 5ml فتهمل هذه الاضافة ويكون V_2 هو نفسه حجم المحلول.

٣) بعد الانتهاء من أيجاد تركيز المضاف نحدد اي نوع من الانواع الاربعة ونطبق له القانون المناسب.

٤) الحامض او القاعدة المضاف تركيزهما الجديد هو من سيعوض مكان [H+] او [OH-] في القانون المناسب

مثال (3-15)

ماذا يجب ان يكون تركيز كلوريد الامونيوم في محلول يحتوي امونيا تركيز 0.1M لتكن قيمة PH = 9 .($PK_{b\ NH_3}$ =4.74).

Log 1.8 =0.26

الحـــــل/ المحلول بفر من قاعدة ضعيفة وملحها لذا يجب التحويل من PH الى POH

$PH + POH = 14$

$POH = 14 - PH$

$POH = 14 - 9 = 5$

$$POH = PK_b + Log\frac{[Salt]}{[base]}$$

$$5 = 4.74 + Log\frac{[Salt]}{[base]}$$

$$0.26 = Log\frac{[Salt]}{0.1}$$

$$Log\ 1.8 = Log\frac{[Salt]}{0.1}$$

$[Salt] = 1.8 \times 0.1 = 0.18\ mol/L$

ملاحظة مهمة
بما ان كلوريد الامونيوم حلح حامضي لذا يجب ان يتم التعامل مع POH و ليس PH لذا قمنا بعملية التحول

تمرين (3-14)

ما تركيز حامض الخليك في محلول يحوي اضافة الى الحامض ملح خلات الصوديوم بتركيز 0.3M علما ان قيمة PH للمحلول تساوي 4.31 و $Ka = 1.8 \times 10^{-5}$

Log 1.8 =0.26 Log0.37 = -0.43

الحـــــــل/ المحلول بفر من حامض ضعيف وملحه

$$PH = PK_a + Log\frac{[Salt]}{[acid]}$$

$$PKa = -(Log\ Ka) = -(Log\ 1.8 \times 10^{-5})$$

$$PKa = -(Log\ 1.8 + Log\ 10^{-5})$$

$$PKa = -(0.26 \times -5) = 4.74$$

$$4.31 = 4.74 + Log\frac{[0.3]}{[acid]}$$

$$-0.43 = Log\frac{[0.3]}{[acid]}$$

$$Log\ 0.37 = Log\frac{0.3}{[acid]}$$

$$[acid] = \frac{0.3}{0.37} = 0.81\ M$$

تمرين (15-3) احسب قيمة PH

أ) للتر من محلول بفر مكون من الامونيا بتركيز 0.1M وكلوريد الامونيوم بتركيز 0.1M

ب) لنفس المحلول لكن بعد اضافة 1ml من H_2SO_4 تركيز 10 M ثم احسب التغير في PH وناقش

النتيجة علما ان $PK_b = 4.74$ $\quad$ Log 1.5 = 0.18

أ) الحــل / المحلول مكون من قاعدة ضعيفة وملحها وقانونه سيكون بالصورة التالية

$$POH = PK_b + Log \frac{[Salt]}{[base]}$$

$$POH = 4.74 + Log \frac{0.1}{0.1}$$

POH = 4.74

PH + POH = 14

PH = 14 - POH

PH = 14 – 4.74 = 9.26

حـــل فرع ب)ان المضاف هو حامض الكبريتيك القوي ويحسب له التركيز بعد الاضافة

V_2 = 1L X 1000 ml/L = 1000 ml

$V_1M_1 = V_2M_2$

$$M_2 = \frac{V1\ M1}{V2} = \frac{1ml\ X\ 10M}{1000\ ml} = 0.01\ M\ [H_2SO_4]$$

$$H_2SO_4 \longrightarrow 2H^+ + SO_4^{-2}$$

0.01	0	0
0	0.02	0.01

$$POH = PK_b + Log \frac{[Salt] + [H^+]}{[base] - [H^+]}$$

$$POH = 4.74 + Log \frac{(0.1) + (0.02)}{(0.1) - (0.02)}$$

$$POH = 4.74 + Log \frac{0.12}{0.08}$$

POH = 4.74 +Log1.5

POH = 4.74 + 0.18 = 4.92

PH = 14 – 4.92 = 9.08

ΔPH = 9.08 - 9.26 = - 0.18

المناقشة:- نلاحظ قيمة PH قد قلت وهذا يعني ان تركيز OH^- قد قل بسبب اتحادها مع ايونات H^+ القادمة من الحامض القوي.

السؤال (3-12) احسب كتلة ملح خلات الصوديوم (M= 82g/mol) اللازم اضافتها الى لتر واحد من محلول 0.125M من حامض الخليك للحصول على محلول بفر تكون قيمة PH = 4.74 علما ان PKa=4.74

الحـــــــــل/ يمكن حساب التركيز المولاري للملح من هذه العلاقة

$$PH = PKa + Log\frac{[salt]}{[acid]}$$

$$4.74 = 4.74 + Log\frac{[salt]}{[0.125]}$$

$$4.74 - 4.74 = Log\frac{[salt]}{[0.125]}$$

$$Log1 = Log\frac{[salt]}{[0.125]}$$

$$[salt] = 0.125 \times 1 = 0.125M$$

نستخرج كتلة الملح من هذه العلاقة التالية

$$m_{(g)} = M_{(mol/L)} \times M_{(g/mol)} \times V_{(L)}$$

$$m_{(g)} = 0.125_{(mol/L)} \times 82_{(g/mol)} \times 1_{(L)} = 10.25\ g$$

السؤال (3-14) أذا كانت هناك حاجة لتحضير محلول بفر ذو PH= 9 ناتج من مزج NH_3 مع NH_4Cl كم يجب ان تكون النسبة بين $\frac{[NH4^+]}{[NH3]}$ علما ان $PK_b = 4.74$؟ Log1.82 =0.26

الحــــــــل/ المحلول ناتج من قاعدة ضعيفة وملحها لذا يجب أيجاد قيمة POH

$$PH + POH = 14$$

$$POH = 14 - PH = 14 - 9 = 5$$

$$POH = PK_b + Log\frac{[salt]}{[base]}$$

$$5 = 4.74 + Log\frac{[NH4^+]}{[NH3]}$$

$$Log\frac{[NH4^+]}{[NH3]} = 5 - 4.74$$

$$Log\frac{[NH4^+]}{[NH3]} = 0.26$$

$$Log\frac{[NH4^+]}{[NH3]} = Log1.82$$

انتبه جيدا في حل الاسئلة على النوع وعلى الدالة فكما لاحظت في هذا السؤال اعطى قاعدة وملحها ولكن اعطى PH لهذا تم تحويلها الى POH ويمكن ان يحدث العكس.

سؤال (3-13) أ- ما قيمة الاس الهيدروجيني لمزيج بفري مكون من حامض النتروز HNO_2 بتركيز 0.12M ونتريت الصوديوم $NaNO_2$ بتركيز 0.15M علما ان $Ka=4.5 \times 10^{-4}$

للفائدة (Log4.5 = 0.65) - (Log1.25 = 0.1) - (Log1.84 = 0.265)

الحــــــل/ المحلول بفر ناتج من حامض ضعيف وملحه

$$PH = PKa + Log \frac{[salt]}{[acid]}$$

$$PKa = -(Log\ Ka)$$

$$PKa = -(Log\ 4.5 \times 10^{-4})$$

$$PKa = -(Log\ 4.5 + Log\ 10^{-4})$$

$$PKa = -(0.65 \times -4) = 3.35$$

$$PH = 3.35 + Log \frac{[0.15]}{[0.12]}$$

$$PH = 3.35 + Log\ 1.25$$

$$PH = 3.35 + 0.1 = 3.45$$

ب)أحسب قيمة PH المحلول الناتج بعد أضافة 1.0g من هيدروكسيد الصوديوم كتله المولية 40g/mol الى لتر واحد من محلول بفر

اولا نجد تركيز القاعدة وبما ان المضاف بالغرامات نجده من هذه العلاقة.

$$M = \frac{m_{(g)}}{M_{(g/mol)} \times V_L} = \frac{1m_{(g)}}{40_{(g/mol)} \times 1_L} = 0.025\ M$$

ان المضاف هو قاعدة قوية الى محلول بفري حامض ضعيف وملحه وعليه القانون سيكون

$$PH = PKa + Log \frac{[Salt] + [OH^-]}{[acid] - [OH^-]}$$

$$PH = 3.35 + Log \frac{[0.15] + [0.025]}{[0.12] - [0.025]}$$

$$PH = 3.35 + Log \frac{(0.175)}{(0.095)}$$

$$PH = 3.35 + Log\ 1.84$$

$$PH = 3.350 + 0.265 = 3.615$$

ملاحظات : يمكن ايجاد تركيز الحامض او القاعدة المضافة ب ٣ طرق وهي

١- الاضافة الحجمية حينما يعطي المضاف بالحجم والمولاري(يكون على الاغلب رقم كبير) نطبق قانون التخفيف $M_1V_1 = M_2V_2$

٢- الاضافة الغرامية حينما يكون المضاف بوحدة الغرام وتعطى كتلته المولية نجد تركيز من هذا القانون

$$M = \frac{(m)}{M \times V(L)}$$

٣- اذا اعطى المضاف تركيز مولارى برقم صغير جدا ولم يذكره حجمه يطبق هذا الرقم مباشرة

سؤال (3-18) أحسب كتلة كلوريد الامونيوم (M=53.5g/mol) الواجب اضافتها الى 500 ml من محلول 0.15 M امونيا لجعل قيمة PH = 9 علما ان $K_b(NH_3) = 1.8 X10^{-5}$ Log 1.8 =0.26

مثال اثرائي / ما عدد غرامات ومولات ملح سيانيد البوتاسيوم (M=65g/mol)KCN الواجب اضافتها الى 400ml من 0. 2M حامض الهيدروسيانيك لجعل POH = 7.7 علما ان PKa =9.3

الجواب= 0.0052 g 0.00008mol

ملاحظات عن الاسئلة المتعلقة بالتخفيف او ما يعرف بالاضافة

١- هناك ٣ انواع في المنهاج تخص اسئلة التخفيف وهي

أ- النوع الاول اضافة حامض او قاعدة قويين او ضعيفين الى حجم معين من الماء

خطوات حل النوع الاول

١- نحسب V_2 وهو حجم الحامض او القاعدة + حجم الماء ولكن ان كان المضاف حجم قليل جدا فنعتبر حجم الماء هو V_2

٢- نطبق قانون التخفيف المعروف (بعد الاضافة) $V_1 M_1 = V_2 M_2$ (قبل الاضافة)

٣- بعد ايجاد التركيز الجديد للالكتروليت المعطى بالسؤال نجد المطلوب من السؤال بالخطوات السابقة المعروفة للالكتروليت للقوي او الضعيف.

ب- النوع الثاني اضافة حامض قوي الى قاعدة قوية.

كيفية حساب PH لمحلول ناتج من مزج قاعدة قوية مع حامض قوي؟

١- نحسب V_2 بعد الاضافة وبالصورة التالية

$$V_2 = V_{(\text{حامض})} + V_{(\text{قاعدة})}$$

سيتكون لدينا تركيز الحامض الجديد ⟶ $M_2 V_2 = M_1V_1$ (الحامض المعطى في السؤال)

سيتكون لدينا تركيز القاعدة الجديد ⟶ $M_2 V_2 = M_1V_1$ (القاعدة المعطى في السؤال)

٢- بعد حساب التراكيز الجديدة لكل من الحامض القاعدة نكتب معادلة تفكك الحامض والقاعدة ومنهما نستخرج تراكيز ال $[H^+]$ و $[OH^-]$ وننقص التركيز الاكبر من التركيز الأصغر.

٣- اذا كان ال $[OH^-]$ هو الاكبر نحسب ال POH ومنه ال PH علما ان الحساب يكون للمتبقي من $[OH^-]$ اما اذا كان ال $[H^+]$ هو الأكبر نحسب ال PH والحساب يكون للمتبقي من $[H^+]$.

٤- اذا كانت التراكيز متساوية نقول المحلول متعادل و PH=7 وينتهي حل السؤال

جـ - النوع الثالث اضافة الكتروليت ضعيف(حامض او قاعدة) الى الكتروليت قوي(حامض او قاعدة)

خطوات حل هذا النوع

كيفية حساب PH لمحلول ناتج من مزج الكتروليت قوي(حامض او قاعدة) مع الكتروليت ضعيف (حامض اوقاعدة)

١- نحسب V_2 بعد الاضافة وبالصورة التالية $V_2 = V_{(\text{حامض})} + V_{(\text{قاعدة})}$

سيتكون لدينا تركيز الحامض الجديد ⟶ $M_2 V_2 = M_1V_1$ (الحامض المعطى في السؤال)

سيتكون لدينا تركيز القاعدة الجديد ⟶ $M_2 V_2 = M_1V_1$ (القاعدة المعطى في السؤال)

٢- بعد حساب التراكيز الجديدة نقارن بينهما

أ- اذا كانت متساوية سيتكون لدينا ملح تابع للالكتروليت الضعيف وتراكيز الحامض والقاعدة ستختفي نهائيا وبذلك سنطبق قانون التمذوب المناسب حيث سيكون تركيز الملح الالكتروليتي C مساوي لتركيز الحامض او القاعدة ويفضل كتابة معادلة.

ب- اذا كانت مختلفة وسيكون في منهاجنا دائما الالكتروليت الضعيف هو الاكبر سيختفي تركيز الالكتروليت القوي نهائيا وسيصبح لدينا محلول مكون من ملح تابع للالكتروليت الضعيف (تركيزه مساوي لتركيز الالكتروليت القوي) والمتبقي من (تركيز الالكتروليت الضعيف) اي محلول بفر يطبق عليه قانون بفر المناسب.

حل اسئلة الفصل الخاصة بالنوع الاول / اضافة حامض او قاعدة الى ماء

سؤال(3-2) جد مقدار التغيير في قيمة PH للماء عند اضافة الى لتر منه المحاليل التالية

1 – 1mL من HCl تركيزه 10 M

عند اضافة الحامض للماء سيقل تركيزه ويحسب تركيزه الجديد وفق هذه العلاقة

$V(H_2O) = 1L \times 1000\ ml/L = 1000mL$

$M_1 V_1 = M_2 V_2$

$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2}$

$= \frac{10 \times 1}{1000} = 0.01\ M$

$HCl \longrightarrow H^+ + Cl^-$

HCl	H^+	Cl^-
0.01	0	0
0	0.01	0.01

$[H^+] = 0.01\ M = 1 \times 10^{-2}\ M$

$PH = -\text{Log}[H^+]$

$PH = -\text{Log}(1 \times 10^{-2})$

$PH = 2$

$PH_{(H2O)} = 7$

$\Delta PH = PH_2 - PH_1$

$\Delta PH = 2 - 7$

$\Delta PH = -5$

2 – 1mL من NaOH تركيزه 10 M

عند اضافة القاعدة للماء سيقل تركيزها ويحسب تركيزها الجديد وفق هذه العلاقة

$V(H_2O) = 1L \times 1000\ ml/L = 1000mL$

$M_1 V_1 = M_2 V_2$

$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2}$

$= \frac{10 \times 1}{1000} = 0.01\ M$

$NaOH \longrightarrow Na^+ + OH^-$

NaOH	Na^+	OH^-
0.01	0	0
0	0.01	0.01

$[OH^-] = 0.01\ M = 1 \times 10^{-2}\ M$

$POH = -\text{Log}[OH^-]$

$POH = -\text{Log}(1 \times 10^{-2})$

$POH = 2$

$PH = 14 - POH$

$PH = 14 - 2 = 12$

$PH_{(H2O)} = 7$

$\Delta PH = PH_2 - PH_1$

$\Delta PH = 12 - 7$

$\Delta PH = 5$

سؤال(3-28) احسب قيمة الاس الهيدروجيني لمحلول نتج من تخفيف 1ml من 13.6M من حامض HCl الى لتر من الماء. علما ان Log1.36 = 0.133

الحـــل / بما انه تم تخفيف الحامض يحسب له التركيز الجديد

$V(H_2O) = 1L \times 1000\ ml/L = 1000mL$

$M_1 V_1 = M_2 V_2 \longrightarrow M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2} = \frac{13.6 \times 1}{1000} = 0.0136 = 1.36 \times 10^{-2}\ M$

$HCl \longrightarrow H^+ + Cl^-$

HCl	H^+	Cl^-
1.36×10^{-2}	0	0
0	1.36×10^{-2}	1.36×10^{-2}

$PH = -\text{Log}[H^+]$

$PH = -(\text{Log}\ 1.36 \times 10^{-2})$

$PH = -(\text{Log}\ 1.36 + \text{Log}10^{-2})$

$PH = -(0.133 - 2) = 1.867$

اسئلة الفصل الخاصة بالنوع الثاني / اضافة حامض قوي الى قاعدة قوية

سؤال(3-6)ما قيمة PH لكل من المحاليل المحضرة باضافة 10ml من HCl تركيزه 0.1M الى

1- 10ml من NaOH تركيزه 0.1M

الحل/ نحسب تركيز الحامض الجديد بعد الاضافة

$V_2 = V_{HCl} + V_{NaOH}$

$V_2 = 10ml + 10ml = 20ml$

$M_1V_{1(HCl)}$ قبل الاضافة $= M_2V_{2\,(HCl)}$ بعد الاضافة

$$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2}$$

$$M_2 = \frac{0.1\ M\ X\ 10\ mL}{20\ mL} = 0.05M$$

نحسب تركيز القاعدة الجديد بعد الاضافة

$M_1V_{1(NaOH)}$ قبل الاضافة $= M_2V_{2\,(NaOH)}$ بعد الاضافة

$$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2}$$

$$M_2 = \frac{0.1\ M\ X\ 10\ mL}{20\ mL} = 0.05M$$

بما ان الحامض قوي والقاعدة قوية وبعد التخفيف اصبحا بنفس التركيز هذا يعني ان المحلول متعادل اي ان قيمة

PH =7

2- 15ml من NaOH تركيزه 0.1M

الحل/ نحسب تركيز الحامض الجديد بعد الاضافة

$V_2 = V_{HCl} + V_{NaOH}$

$V_2 = 10ml + 15ml = 25ml$

$M_1V_{1(HCl)}$ قبل الاضافة $= M_2V_{2\,(HCl)}$ بعد الاضافة

$$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2}$$

$$M_2 = \frac{0.1\ M\ X\ 10\ mL}{25\ mL} = 0.04M$$

نحسب تركيز القاعدة الجديد بعد الاضافة

$M_1V_{1(NaOH)}$ قبل الاضافة $= M_2V_{2\,(NaOH)}$ بعد الاضافة

$$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2}$$

$$M_2 = \frac{0.1\ M\ X\ 15\ mL}{25\ mL} = 0.06M$$

نلاحظ ان تركيز القاعدة اكبر من تركيز الحامض وعليه يكون المحلول قاعدي ويحسب له PH بعد حساب المتبقي من تركيز OH^- حيث

$[OH^-]_{المتبقي} = [OH^-] - [H^+]$

$[OH^-]_{المتبقي} = 0.06 - 0.04 = 0.02M$

$POH = -\ Log\ [OH^-]$

$POH = -\ Log\ 0.02$

$POH = -\ Log\ 2\ X\ 10^{-2}$

$POH = -\ (Log\ 2 + Log\ 10^{-2})$

$POH = -\ (0.3 - 2)$

$POH = 1.7$

$PH = 14 - POH$

$PH = 14 - 1.7 = 12.3$

سؤال (24-3) أحسب قيمة PH لمحلول ناتج من مزج من 26 mL من 0.2M من هيدروكسيد الصوديوم مع 50mL من 0.1 من حامض HCl ؟ Log5 =0.7

الحـــــــل/

$V_2 = V_{(حامض)} + V_{(قاعدة)}$

$= 50 + 26 = 76$ mL

نحسب التركيز الجديد للحامض $M_1V_1 = M_2V_2$

$$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2} = \frac{0.1 \ X\ 50}{76} = 0.066 \ M$$

نحسب التركيز الجديد للقاعدة $M_1V_1 = M_2V_2$

$$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2} = \frac{0.2 \ X\ 26}{76} = 0.068 \ M$$

الان نقوم بحساب تراكيز ال $[H^+]$ وال $[OH^-]$ بعد المزج ونعمل مقارنة بينهما.

HCl	→	H^+	+	Cl^-
0.066		0		0
0		0.066		0.066

$[H^+] = 0.066M$

$NaOH$	→	Na^+	+	OH^-
0.068		0		0
0		0.068		0.068

$[OH^-] = 0.068M$

$[OH^-]_{المتبقي} = [OH^-] - [H^+]$

$[OH^-]_{المتبقي} = 0.068 - 0.066 = 0.002 = 2 \ x\ 10^{-3}$ M

$$[H^+] = \frac{1\ x\ 10^{-14}}{[OH^-]}$$

$$[H^+] = \frac{1\ x\ 10^{-14}}{[2\ X\ 10^{-3}]} = \frac{10\ x\ 10^{-15}}{[2\ X\ 10^{-3}]} = 5 \ x\ 10^{-12} \ M$$

$PH = - Log [H^+]$

$PH = -(Log\ 5 \ \ x\ 10^{-12})$

$PH = -(Log\ 5 + Log\ 10^{-12})$

$PH = - (0.7 - 12) = 11.3$

حل الاسئلة الخاصة بالنوع الثالث

سؤال(3-6) ما قيمة PH لكل من المحاليل المحضرة باضافة 10ml من HCl تركيزه 0.1M الى

3- 10ml من NH_3 تركيزه 0.1M

الحل/ نحسب تركيز الحامض الجديد بعد الاضافة

$V_2 = V_{HCl} + V_{NH3}$

$V_2 = 10ml + 10ml = 20ml$

$M_1V_{1(HCl)\text{قبل الاضافة}} = M_2V_{2\,(HCl)\text{بعد الاضافة}}$

$$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2}$$

$$M_2 = \frac{0.1\ M\ X\ 10\ mL}{20\ mL} = 0.05M$$

نحسب تركيز القاعدة الجديد بعد الاضافة

$M_1V_{1(NH3)\text{قبل الاضافة}} = M_2V_{2\,(NH3)\text{بعد الاضافة}}$

$$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2}$$

$$M_2 = \frac{0.1\ M\ X\ 10\ mL}{20\ mL} = 0.05M$$

نلاحظ ان تركيز الحامض القوي مساوية لتركيز القاعدة الضعيفة وعليه المحلول الناتج هو ملح حامضي فقط

NH_3	+ HCl	→ NH_4Cl
0.05	0.05	0
0	0	0.05

ينطبق عليه القانون التالي

$$PH = \frac{1}{2}[P_{Kw} - P_{Kb} - LogC]$$

$P_{Kw} = -LogKw = -Log10^{-14} = 14$

$P_{Kb} = -Log_{Kb}$

$= -(Log1.8 X 10^{-5})$

$P_{Kb} = -(Log1.8 + Log10^{-5})$

$P_{Kb} = -(0.26 - 5) = 4.74$

[الملح]$= 0.05 = 5x10^{-2}$ M

$Log C = Log 5 x 10^{-2}$

$Log C = Log 5 + Log10^{-2}$

$Log C = 0.7 - 2 = -1.3$

$$PH = \frac{1}{2}[14 - 4.74 + 1.3]$$

$PH = 5.28$

4- 15ml من NH_3 تركيزه 0.1M

الحل/ نحسب تركيز الحامض الجديد بعد الاضافة

$V_2 = V_{HCl} + V_{NH3}$

$V_2 = 10ml + 15ml = 25ml$

$M_1V_{1(HCl)\text{قبل الاضافة}} = M_2V_{2\,(HCl)\text{بعد الاضافة}}$

$$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2}$$

$$M_2 = \frac{0.1\ M\ X\ 10\ mL}{25\ mL} = 0.04M$$

نحسب تركيز القاعدة الجديد بعد الاضافة

$M_1V_{1(NH3)\text{قبل الاضافة}} = M_2V_{2\,(NH3)\text{بعد الاضافة}}$

$$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2}$$

$$M_2 = \frac{0.1\ M\ X\ 15\ mL}{25\ mL} = 0.06M$$

نلاحظ ان تركيز القاعدة الضعيفة اكبر من تركيز الحامض القوي وعليه المحلول المتكون هو محلول بفر مكون الملح المتعادل والمتبقي من القاعدة الضعيفة

NH_3	+ HCl	→ NH_4Cl
0.06	**0.04**	**0**
0.02	**0**	**0.04**

ينطبق عليه القانون التالي

$$POH = P_{Kb} + Log\frac{[salt]}{[base]}$$

$P_{Kb} = -Log_{Kb}$

$= -(Log1.8 X 10^{-5})$

$P_{Kb} = -(Log1.8 + Log10^{-5})$

$P_{Kb} = -(0.26 - 5) = 4.74$

[الملح]$= 0.04M$

[القاعدة]$= 0.02$ M

$$POH = 4.74 + Log\frac{0.04}{0.02}$$

$POH = 4.74 + Log2$

$POH = 4.74 + 0.3 = 5.04$

$PH = 14 - POH = 14 - 5.04 = 8.96$

سؤال3-22/ كم ستكون قيمة PH محلول ناتج من مزج 20ml من NaOH 0.2M مع 50ml من CH$_3$COOH 0.1M علما ان Ka للحامض = 1.8×10^{-5}

الحل/ نحسب تركيز الحامض الجديد بعد الاضافة

$V_2 = V_{CH3COOH} + V_{NaOH}$

$V_2 = 50ml + 20ml = 70ml$

$M_1V_{1(CH3COOH)}$ قبل الاضافة $= M_2V_2$ (بعد الاضافة)

$$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2}$$

$$M_2 = \frac{0.1\ M\ X\ 50\ mL}{70\ mL} = 0.071M$$

نحسب تركيز القاعدة الجديد بعد الاضافة

$M_1V_{1(NaOH)}$ قبل الاضافة $= M_2V_2$ (NaOH) بعد الاضافة

$$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2}$$

$$M_2 = \frac{0.2\ M\ X\ 20\ mL}{70\ mL} = 0.057M$$

نلاحظ ان تركيز الحامض الضعيف اكبر من تركيز القاعدة القوية وعليه المحلول المتكون هو محلول بفر مكون من الملح القاعدي والمتبقي من الحامض الضعيف

CH$_3$COOH +	NaOH ⟶	CH$_3$COONa
0.071	0.057	0
0.014	0	0.057

ينطبق عليه القانون التالي

$$PH = P_{Ka} + Log\frac{salt}{acid}$$

$P_{Ka} = - Log_{Ka}$

$= -(Log1.8 X 10^{-5})$

$P_{Ka} = - (Log1.8 + Log10^{-5})$

$P_{Ka} = -(0.26 - 5) = 4.74$

[الملح]= $0.057M$

[الحامض]= 0.014 M

$$PH = 4.74 + Log\frac{0.057}{0.014}$$

$PH = 4.74 + Log4$

$PH = 4.74 + 0.6 = 5.34$

سؤال3-23/ عند اضافة 25ml من 0.2M NaOH مع 50ml من 0.1M من CH$_3$COOH ماذا ستكون قيمة PH للمحلول الناتج.

الحل/ نحسب تركيز الحامض الجديد بعد الاضافة

$V_2 = V_{CH3COOH} + V_{NaOH}$

$V_2 = 50ml + 25ml = 75ml$

$M_1V_{1(CH3COOH)}$ قبل الاضافة $= M_2V_2$ (بعد الاضافة)

$$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2}$$

$$M_2 = \frac{0.1\ M\ X\ 50\ mL}{75\ mL} = 0.067M$$

نحسب تركيز القاعدة الجديد بعد الاضافة

$M_1V_{1(NH3)}$ قبل الاضافة $= M_2V_2$ (NH3) بعد الاضافة

$$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2}$$

$$M_2 = \frac{0.2\ M\ X\ 25\ mL}{75\ mL} = 0.067M$$

نلاحظ ان تركيز الحامض الضعيف مساوي لتركيز القاعدة القوية وعليه المحلول الناتج هو ملح قاعدي فقط

CH$_3$COOH +	NaOH ⟶	CH$_3$COONa
0.067	0.067	0
0	0	0.067

ينطبق عليه القانون التالي

$$PH = \frac{1}{2}[P_{Kw} + P_{Ka} + LogC]$$

$P_{Kw} = - LogKw = -Log10^{-14} = 14$

$P_{Ka} = - Log_{Ka}$

$P_{Ka} = -(Log1.8 X 10^{-5})$

$P_{Ka} = - (Log1.8 + Log10^{-5})$

$P_{Ka} = -(0.26 - 5) = 4.74$

[الملح]= $0.067 = 6.7 x10^{-2}$ M

$Log C = Log 6.7 x 10^{-2}$

$Log C = Log 6.7 + Log10^{-2}$

$= 0.82 - 2 = - 1.18$

$$PH = \frac{1}{2}[14 + 4.74 - 1.18]$$

$PH = 8.78$

الذوبانية

وثابت حاصل الاذابة

الذوبانية : هي عدد مولات المادة الصلبة التي تذوب في لتر واحد من المحلول اي انها تمثل حالة اتزان بين المادة الصلبة ومحلول المادة.

س/ على ماذا يعتمد قابلية الذوبان لكل مادة ايونية خاصة الاملاح في الماء.

ج/ الفرق في مقدار الطاقة للازمة لكسر الاواصر بين الايونات المكونة للمادة ومقدار ما ينتج من طاقة نتيجة انتشار هذه الايونات في الماء وتميؤها.

يمكن وصف عملية ذوبان مركب ايوني في الماء بالصورة التالية وايجاد الثابت له ايضا

$$AB_{(s)} + H_2O \rightleftharpoons A^+_{(aq)} + B^-_{(aq)}$$

و لكون المركب شحيح الذوبان في الماء لذا يمكن اعتبار قيمة AB تبقى ثابته لا تتغير لتفكك جزء صغير منها وايضا كما هو معلوم قيمة الماء ثابتة ايضا لذا يدخلان مع قيمة ثابت الحاصل الايوني.

$$K_{sp} = [A^+][B^-]$$

K_{sp} هو ثابت حاصل الذوبان وهو قيمة ثابته عند ثبوت درجة الحرارة ويعرف (هو حاصل ضرب التراكيز المولارية للايونات المكونة للمركب عند حالة الاتزان كل منها مرفوع لاس مساو لعدد المولات بالمعادلة الكيميائية الموزونة والتي تعبر عن تفكك المركب)

س/ ماذا نقصد بالذوبانية المولارية وكيف يمكن تحويل الذوبانية بوحدة g/L الى الذوبانية المولارية.

ج/ وهي التركيز المولاري للايونات الناتجة من تفكك الملح في المحلول عند الاتزان ووحدتها (mol/L) ويرمز لها (S)وتحول من الغرامية الى وحدتها باستخدام القانون.

$$S(mol/L) = \frac{S(g/L)}{M(g/mol)}$$

ولإيجاد التركيز الغرامي من المولاري يصبح القانون بالصورة التالية

$$S\ (g/L) = S(mol/L) \times M(g/Mol)$$

س / اكتب التعبير لثابت حاصل الاذابة لأملاح

أ) ملح أحادي – أحادي التكافؤ او ثنائي – ثنائي التكافؤ مثل AgCl او $BaSO_4$

$$AgCl \rightleftharpoons Ag^{+} + Cl^{-}$$
S S

$$BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^{+2} + SO_4^{-2}$$
S S

$$K_{SP} = S \times S = S^2$$

ب) ملح أحادي – ثنائي التكافؤ مثل CaF_2 او $Zn(OH)_2$

$$CaF_2 \rightleftharpoons Ca^{+2} + 2F^{-}$$
S 2S

$$K_{SP} = S \times (2S)^2 = 4S^3$$

ج) ملح ثنائي – ثلاثي التكافؤ مثل $Ca_3(PO_4)_2$

$$Ca_3(PO_4)_2 \rightleftharpoons 3Ca^{+2} + 2PO_4^{-3}$$
3S 2S

$$K_{SP} = (3S)^3 \times 2(S)^2 = 108\ S^5$$

ملاحظات حسابية قبل الدخول الى مسائل الذوبانية.

١- القواعد أعلاه تطبق على الاملاح شحيحة الذوبان.

٢- نحن نعرف ان هذا الملح شحيح الذوبان عندما يعطي في السؤال قيمة K_{sp} او تكون مجهولة. او حينما يطلب حاصل الذوبان (الاذابة)

٣- معادلة ملح شحيح الذوبان تتطلب $\rightleftharpoons$.

٤- للتذكير الذوبانية تكون بالتركيز المولاري (mol/L) وعندما تعطي بوحدة التركيز الغرامي g/L تحول وفق هذه العلاقة $S(mol/L) = \frac{S\ (g/L)}{M(g/mol)}$.

مثال (3-17) ما هي الذوبانية المولارية لمحلول ملح كبريتات الرصاص $PbSO_4$ اذا علمت ان حاصل الذوبان لهذا الملح $KSp= 1.6 \times 10^{-8}$. (للفائدة $\sqrt{1.6}$ =1.26)

الحــــــــــــــل/ نكتب معادلة ذوبان الملح

$$PbSO_4 \rightleftharpoons Pb^{+2} + SO_4^{-2}$$
S S

$$K_{sp} = [Pb^{+2}][SO_4^{-2}]$$

$$K_{sp} = S \times S = S^2$$

$\longrightarrow$ $S^2 = 1.6 \times 10^{-8}$ نجذر الطرفين

$$S = 1.26 \times 10^{-4}\ mol/L$$

مثال(3-18) أحسب قيمة ثابت حاصل الاذابة K_{SP} لملح كبريتات الباريوم $BaSO_4$ (233g/Mol) اذا علمت ان لتر واحد من محلوله المشبع يحوي 0.0025g من الملح.

الحـــــــل/ نحول الوحدات الى وحدات المولارية

$$S\ (mol/L) = \frac{S\ (g/L)}{M(g/mol)} = \frac{0.00250\ g/L}{233\ g/mol} = \frac{250\ X\ 10^{-5}}{233} = 1.1\ X\ 10^{-5}\ mol/L$$

$$BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^{+2} + SO_4^{-2}$$

S S

$K_{sp} = [Ba^{+2}][SO_4^{-2}]$

$K_{sp} = S\ X\ S = S^2$

$K_{sp} = (1.1\ X\ 10^{-5})^2$

$K_{sp} = 1.21\ X\ 10^{-10}$

تمرين(3-16)اذا علمت ان لتر واحد من محلول كرومات الفضة Ag_2CrO_4(M=332g/mol) يحوي 0.0215g احسب ثابت حاصل الذوبان لهذا الملح.

$$S\ (mol/L) = \frac{S\ (g/L)}{M(g/mol)} = \frac{0.02150\ g/L}{332\ g/mol} = \frac{2150\ X\ 10^{-5}}{332} = 6.5\ X\ 10^{-5}\ mol/L$$

$$Ag_2CrO_4 \rightleftharpoons 2Ag^{+} + CrO_4^{-2}$$

2S S

$K_{sp} = [Ag^{+}]^2[CrO_4^{-2}]$

$K_{sp} = (2S)^2\ X\ S = 4S^3$

$K_{sp} = 4(6.5\ X\ 10^{-5})^3$

$K_{sp} = 1098.5\ X\ 10^{-15} = 1.098\ X\ 10^{-12}$

تمرين (3-17) أحسب الذوبانية المولارية والذوبانية بدلالة g/L لمحلول كلوريد الفضة AgCl (M=143.5g/mol) علما ان حاصل الذوبان لهذا الملح $K_{Sp}= 1.8\ X\ 10^{-10}$. (للفائدة $\sqrt{1.8}$ =1.34)

الحـــــــــــل/ نكتب معادلة ذوبان الملح

$$AgCl \rightleftharpoons Ag^{+} + Cl^{-}$$

S S

$K_{sp} = [Ag^{+}][Cl^{-}]$

$K_{sp} = S\ X\ S = S^2$

$S^2 = 1.8\ X\ 10^{-10}$ نجذر الطرفين

$S = 1.34\ X\ 10^{-5}\ mol / L$

نجد الذوبانية بدلالة g /L من العلاقة التالية

$S(g/L) = S(mol/L)\ X\ M(g/mol)$

$S(g/L) = 1.34\ X\ 10^{-5} mol/L\ X\ 143.5 g/mol = 1.93\ X\ 10^{-3}\ g/L$

الذوبانية والترسيب للمركب شحيح الذوبان (الحاصل الايوني)

الحاصل الايوني : هو حاصل ضرب تراكيز الايونات الناتجة من ملح شحيح الذوبان مرفوع الى أس مساو الى عدد مولاته في المعادلة الكيميائية الموزونة وليس بالضرورة ان يكون في حالة اتزان.

مقارنة الحاصل الايوني مع K_{Sp}.

١) الحاصل الايوني > K_{sp} اي ان المحلول فوق المشبع تبدأ عملية الترسيب حتى يتساوى الحاصل الايوني مع K_{sp} ويتوقف الترسيب.

٢) الحاصل الايوني < K_{sp} اي ان المحلول غير مشبع تبدأ عملية الذوبان حتى يتساوى الحاصل الايوني مع K_{sp} ويتوقف الذوبان (لا يحصل ترسيب).

٣) الحاصل الايوني = K_{sp} المحلول مشبع

((الخلاصــــــــــــة)

الحاصل الايوني > K_{sp} التفاعل خلفي يحصل ترسيب.

الحاصل الايوني < K_{sp} التفاعل امامي لا يحصل ترسيب.

الحاصل = K_{sp} المحلول مشبع سرعة الذوبان = سرعة الترسيب.

ملاحظات حسابية عن الحاصل الأيوني.

مسائل الحاصل الأيوني نوعين نوع يذكر فيه عبارة احسب ادنى تركيز او اقل دالة حامضية او قاعدية والنوع الأخر يذكر فيه عبارة هل يترسب

خطوات حل عبارة أدنى تركيز او اقل دالة حامضية

أ- نكتب معادلة التفكك ونكتب تحت احد الايونات قيمة معلومة ستعطى بالسؤال اما الايون المجهول يبقى حقله فارغا.

ب- ستعطى قيمة حاصل الاذابة من هذه القيمة وقيمة الايون المعلوم يمكن استخراج قيمة الايون المجهول.

د- اذا كان المطلوب اقل دالة حامضية او قاعدية سيكون الملح حاويا على OH هي من ستكون مجهولة بعد استخراج قيمتها تحول الى PH او POH حسب مطاليب السؤال.

خطوات حل عبارة هل يترسب.

أ- نجد قيمة الحاصل الايوني من التراكيز المعطاة والتي يجب ان تكون بتركيز mol/L

ب- نقارنها مع قيمة Ksp التي تعطى او يمكن الوصول اليها.

أذا كانت قيمة الحاصل الايوني اكبر من قيمة K_{sp} نقول يترسب.

أذا كانت قيمة الحاصل الأيوني أصغر من قيمة K_{sp} نقول لا يترسب.

مثال(19-3) أذا علمت ان تركيز الفلوريد في محلول CaF_2 يساوي $2 X 10^{-2}$M أحسب ادنى تركيز من أيون الكالسيوم يكون لازما وجوده في المحلول لبدء ترسيب ملح فلوريد الكالسيوم.
$K_{sp} = (4.9 X 10^{-11})$

الحـــــــــــــل/ نكتب معادلة تفكك CaF_2

$$CaF_2 \rightleftharpoons Ca^{+2} + 2F^-$$

$2X10^{-2}$

$$K_{sp} = [Ca^{+2}][F^-]^2$$

$$[Ca^{+2}] = \frac{K_{sp}}{(F^-)^2} = \frac{4.9 X 10^{-11}}{(2 X 10^{-2})^2} = \frac{4.9 X 10^{-11}}{4 X 10^{-4}} = 1.225 X 10^{-7} M$$

وعليه يجب أن يكون تركيز الكالسيوم اكبر من $1.225 X 10^{-7}$ لبدء الترسيب

تمرين (18-3) ما هي أقل دالة حامضية PH لمحلول يحتوي ايون الحـــــــديد الثلاثي بتركيز $2 X 10^{-10}$M التي اذا تم الوصول اليها او تجاوزها يبدأ راسب هيدروكسيد الحديد الثلاثي بالظهور في المحلول؟ علما ان $K_{sp}=5 X 10^{-38}$ (علما ان $\sqrt[3]{250} = 6.3$) (Log1.58 =0.2)

الحــــــــــــل/ نكتب معادلة تفكك $Fe(OH)_3$

$$Fe(OH)_3 \rightleftharpoons Fe^{+3} + 3OH^-$$

$2X10^{-10}$

$$K_{sp} = [Fe^{+3}][OH^-]^3$$

$$[OH^-]^3 = \frac{K_{sp}}{(Fe^{+3})} = = \frac{5 X 10^{-38}}{2 X 10^{-10}} = 2.5 X 10^{-28} = 250 X 10^{-30} M$$ بالجذر التكعيبي

$$[OH^-] = 6.3 X 10^{-10} M$$

$$[H^+][OH^-] = 1 x 10^{-14}$$

$$[H^+] = \frac{1 x 10^{-14}}{[OH^-]}$$

$$[H^+] = \frac{1 x 10^{-14}}{[6.3 X 10^{-10}]} = \frac{10 x 10^{-15}}{[6.3 X 10^{-10}]} = 1.58 x 10^{-5} M$$

$$PH= - Log [H^-]$$

$$PH = -(Log 1.58 x10^{-5})$$

$$PH= - (Log 1.58 +Log 10^{-5})$$

$$PH= -(0.2 -5) = 4.8$$

<u>سؤال(3-29)</u> ان تركيز ايون الكالسيوم (M= 40g/mol) في بلازما الدم = 0.1g/L فاذا كان تركيز الاوكزالات = 1×10^{-7} M هل تتوقع ان تترسب اوكزالات الكالسيوم CaC_2O_4 علما ان $PK_{sp} = 8.64$؟ (((للفائدة Log 2.3 =0.36)))

الجواب/ نحسب الحاصل الايوني لكن يجب ايجاد الذوبانية المولارية لأيون الكالسيوم

$$S\,(mol/L) = \frac{S\,(g/L)}{M(g/mol)} = \frac{0.1\ g/L}{40\ g/mol} = \frac{1}{400} = 0.0025 = 2.5 \times 10^{-3}\ mol/L$$

معادلة تفكك اوكزالات الكالسيوم

$$CaC_2O_4 \rightleftharpoons \underset{2.5 \times 10^{-3}}{Ca^{+2}} + \underset{1 \times 10^{-7}}{C_2O_4^{-2}}$$

الحاصل الايوني $= [Ca^{+2}][C_2O_4^{-2}]$

الحاصل الايوني $= 2.5 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^{-7} = \underline{2.5 \times 10^{-10}}$

نجد قيمة K_{sp} من PK_{sp}

$K_{sp} = 10^{-PKsp}$

$K_{sp} = 10^{-8.64 + 9 - 9}$

$K_{sp} = 10^{0.36 - 9}$

$K_{sp} = 10^{0.36} \times 10^{-9}$

$K_{sp} = \underline{2.3 \times 10^{-9}}$

نلاحظ قيمة الحاصل الايوني أقل من قيمة K_{sp} وعلية لا يترسب اوكزالات الكالسيوم

العوامل المؤثرة على الذوبانية

١- تأثير درجة الحرارة ٢- تأثير الايون المشترك ٣- تأثير الاس الهيدروجيني.

١)<u>تأثير درجة الحرارة :-</u> تزداد ذوبانية معظم المواد شحيحة الذوبان بزيادة درجة الحـــــرارة لكن الزيادة تختلف من مادة أخرى.

٢) <u>تأثير الأيون المشترك:-</u> ***حسب قاعدة لي شاتليه يمكن للاملاح شحيحة الذوبان ان تنخفض بوجود زيادة من ايونات مشتركة لهذه المادة في المحلول وبالتالي التحكم بعملية ذوبان الراسب.***

خطوات حل مسائل الايون المشترك الخاصة بالذوبانية. (الطريقة المباشرة)

١- نكتب معادلة تفكك الملح شحيح الذوبان ونجد له الذوبانية في الماء النقي (او محلوله المشبع)بالطرق الاعتيادية.

٢- في الخطوة الثانية نكتب معادلة تفكك الالكتروليت القوي و تفككه سيكون تام من خطوة واحدة وتحت معادلته نكتب معادلة تفكك الالكتروليت الضعيف لكن نفرض هنا للذوبانية رمزY او `S لاحظ المخطط ادناه.

الالكتروليت القوي $\underset{Y}{AB} \rightleftharpoons \underset{Y}{A} + \underset{Y}{B}$

الملح شحيح الذوبان $\underset{M}{CB} \rightarrow \underset{M}{A} + \underset{M}{B}$ +

يهمل

$Ksp = Y(M + Y) \rightarrow Y = \frac{Ksp}{M}$

نلاحظ دائما ان الذوبانية قد قلت لذا نعمل نسبة بين مقدار الذوبانية في الحالة الاولى والحالة الثانية ونكتب هذه العبارة ان الذوبانية قد قلت بوجود الايون المشترك بمقدار الرقم الذي ظهر من النسبة

الامثلة والتمارين ومسائل الفصل الخاصة بتأثير الايون المشترك على الذوبانية

مثال(3-20) ما هي الذوبانية المولارية لملح يودات الباريوم $Ksp = 1.57 \times 10^{-9}$

أ) في الماء النقي ب) في محلول KIO_3 تركيز 0.02M ؟ ثم ناقش النتائج

علما ان $\sqrt[3]{0.3925} = 0.73$

الحـــــــــل / أ) في الماء النقي

$$Ba(IO_3)_2 \rightleftharpoons Ba^{+2} + 2IO_3^-$$

S S 2S

$$K_{SP} = [Ba^{+2}][IO_3]^2 = S \times (2S)^2 = 4S^3$$

$$S^3 = \frac{KSP}{4} = \frac{1.57 \times 10^{-9}}{4} = 0.3925 \times 10^{-9}$$ بالجذر التكعيبي

$$S = 0.73 \times 10^{-3} = 7.3 \times 10^{-4}\ M$$ الذوبانية في الماء النقي

ب)في محلول KIO_3 الذي هو الكتروليت قوي يتأين بشكل تام.

$$Ba(IO_3)_2 \rightleftharpoons Ba^{+2} + 2IO_3^-$$

Y Y 2Y

$$KIO_3 \longrightarrow K^+ + IO_3^-$$

0.02 0.02 0.02

$$K_{SP} = (Y)(0.02 + \underline{2Y})^2$$

يهمل

$$Y = \frac{K_{sp}}{(0.02)^2} = \frac{1.57 \times 10^{-9}}{4 \times 10^{-4}} \frac{15.7 \times 10^{-10}}{4 \times 10^{-4}} = 3.9 \times 10^{-6}\ M$$ الذوبانية بوجود الايون المشترك

نلاحظ ذوبانية يودات الباريوم قد انخفضت بوجود الايون المشترك

اللهم أحفظ العراق واهل العراق

بكل اطيافه ودياناته

سؤال (15-3) ما ذوبانية $BaSO_4$ في محلول مائي مشبع منه علما ان $K_{sp} = 1.6X10^{-10}$ وما ذوبانيته بعد اضافة 1ml من H_2SO_4 تركيزه 10M الى لتر من المحلول المشبع منه علما ان $\sqrt{1.6} = 1.26$

الحـــــــــــل / أ) في المحلول المائي المشبع

$$BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^{+2} + SO_4^{-2}$$

S S S

$$K_{SP} = [Ba^{+2}][SO_4^{-2}] = (S) X (S) = S^2$$

$$S^2 = 1.6 \ X \ 10^{-10}$$

$S = 1.26 \ X \ 10^{-5}$ M الذوبانية في المحلول المائي المشبع

ب) في محلول H_2SO_4 الذي هو الكتروليت قوي يتأين بشكل تام.
نجد اولا تركيز الحامض بعد الاضافة.

$V_{(ml)}$ المحلول المائي = 1L X 1000 ml/L = 1000 ml

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

$$10 \ M \ X \ 1ml = M_2 \ X \ 1000 \ ml$$

$$M_2 = \frac{10 \ M \ X \ 1 \ ml}{1000 \ ml} = 0.01 \ M$$

$$BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^{+} + SO_4^{-2}$$

Y Y Y

$$H_2SO_4 \rightarrow 2H^{+} + SO_4^{-2}$$

0.01 0.02 0.01

$K_{SP} = (Y)(0.01 + \underline{Y}) =$
يهمل

$$Y = \frac{KsP}{(0.01)} = \frac{1.6 \ X \ 10^{-10}}{0.01} = 1.6 \ X \ 10^{-8} \ M$$

نلاحظ ان الذوبانية قلت بوجود الايون المشترك

سؤال (19-3) أحسب الذوبانية المولارية والذوبانية بوحدة g/L لملح كبريتات الفضة

أ) P_{KSP}=4.92 (M= 314 g/mol) في الماء النقي ب) 0.15M كبريتات البوتاسيوم

علما ان (Log 1.2 = 0.08) ($\sqrt[3]{3}$=1.42) ($\sqrt[2]{0.2}$=0.44).

الحــــــــل / أ) في الماء النقي

$$Ag_2SO_4 \rightleftharpoons 2Ag^+ + SO_4^{-2}$$

$$S \qquad 2S \qquad S$$

$$K_{SP} = [Ag^+]^2[SO_4^{-2}] = (2S)^2 \times (S) = 4S^3$$

$$K_{sp} = 10^{-PKsp}$$

$$K_{sp} = 10^{-4.92 + 5 - 5}$$

$$K_{sp} = 10^{0.08 - 5}$$

$$K_{sp} = 10^{0.08} \times 10^{-5}$$

$$K_{sp} = 1.2 \times 10^{-5}$$

$$S^3 = \frac{KSP}{4} = \frac{1.2 \times 10^{-5}}{4} = \frac{12 \times 10^{-6}}{4} = 3 \times 10^{-6}$$ بالجذر التكعيبي

$$S = 1.42 \times 10^{-2} = 0.0142\ M$$ الذو بانية في الماء النقي

ولحساب الذوبانية بوحدات g/L نستخدم هذه العلاقة

$$S(g/L) = S(mol/L) \times M(g/mol)$$

$$S(g/L) = 0.0142 \times mol/L \times 314 g/mol = 4.46\ g/L$$

ب) في محلول K_2SO_4 الذي هو الكتروليت قوي يتأين بشكل تام.

$$Ag_2SO_4 \rightleftharpoons 2Ag^+ + SO_4^{-}$$

$$Y \qquad 2Y \qquad Y$$

$$K_2SO_4 \rightarrow 2K^+ + SO_4^{-2}$$

$$0.15 \qquad 0.30 \qquad 0.15$$

$$K_{SP} = (2Y)^2 (0.15 + \underset{\text{يهمل}}{\underline{Y}}) = 4Y^2 \times 0.15 = 0.6\ Y^2$$

$$Y^2 = \frac{KsP}{(0.6)} = \frac{1.2 \times 10^{-5}}{0.6} = 2 \times 10^{-5} = 0.2 \times 10^{-4}$$ بالجذر التربيعي

$$Y = 0.44 \times 10^{-2} = 4.4 \times 10^{-3}\ M$$ الذوبانية بوجود الايون المشترك

$$S(g/L) = S(mol/L) \times M(g/mol)$$

$$S(g/L) = 4.4 \times 10^{-3} mol/L \times 314 g/mol = 1.38\ g/L$$

(تمرين 3-19) قيمة ثابت حاصل الاذابة لملح MgF_2 = $6.5 X 10^{-9}$

أ) أحسب الذوبانية المولارية لهذا الملح في الماء النقي.

ب) احسب الذوبانية في محلول NaF القوي بتركيز 0.1M ؟ ثم قارن بين النتيجتين.

واجب / للفائدة ($\sqrt[3]{1.625}$=1.18) (الاجوبة) في الماء النقي $S= 1.18 X 10^{-3}$ M في الايون المشترك $Y= 6.5 X 10^{-7}$ M

الحـــــــــل/

٣ـ تأثير الأس الهيدروجيني : تعتمد ذوبانية كثير من المواد على تركيز H^{+} ومن اهم تلك المواد التي يشكل ايون الهيدروكسيد أحد مكوناته مثل هيدروكسيد المغنسيوم $Mg(OH)_2$ او هيدروكسيد الخارصين $Zn(OH)_2$ حيث تتغير مقدار ذوبانية هذه المواد مع تغير قيم PH للمحلول.

لاحظ مثلا هذه المعادلة $Mg(OH)_2 \rightleftharpoons Mg^{+2} + 2OH^-$

عند اضافة حامض لهذا المحلول المشبع يؤدي الى أتحاد ايونات H^{+} مع ايونات OH^- لتكوين جزيئات الماء وهذا يؤدي الى اختلال في عملية التوازن ولتعويض النقص الحاصل في ايونات OH^- تتفكك المزيد من جزيئات المركب(اي زيادة في الذوبانية) اما عند اضافة قاعدة تقل الذوبانية.

ملاحظات حسابية لحل مسائل تأثير الاس الهيدروجيني

حينا نرى في السؤال ملح يحوي جزيئات OH وايضا يعطي في السؤال قيمة PH او POH وقيمة KSP ويطلب الذوبانية في السؤال فهذا يعني انه تأثير اس هيدروجيني. وخطوات حل السؤال تكون كالاتي

١- من قيم PH او POH نستخرج تركيز $[OH^-]$.

٢- نكتب معادلة تفكك الملح شحيح الذوبان بالصورة الاتية

$$X(OH)_2 \rightleftharpoons X + 2OH^-$$

٣- سيعطى بالسؤال قيمة Ksp او PKsp نحولها ونطبق القانون

$$KSp= [x][OH]^2$$

$$KSp= [s][\text{القيمة المستخرجة}]^2$$

$$S = \frac{KsP}{(\text{القيمة المستخرجة})^2} = \text{الذوبانية المطلوبة}$$

٤- اذا كان المركب XOH نفس الخطوات لكن بدون تربيع.

مثال (21-3) أحسب الذوبانية المولارية لهيدروكسيد المغنسيوم $Ksp= 1.8 \times 10^{-11}$ في محلول مائي ثبت حموضته عند $PH= 10.5$ علما أن $Log\ 3.16 = 0.5$ ؟

الحـــــل / نحسب تركيز $[H^+]$ من تركيز PH

$$[H^+] = 10^{-PH}$$
$$[H^+] = 10^{-10.5 +11 -11}$$
$$[H^+] = 10^{+0.5 -11}$$
$$[H^+] = 10^{-10.5} \times 10^{-11}$$
$$[H^+] = 3.16 \times 10^{-11}\ M$$

$$[H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14} \longrightarrow [OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{3.16 \times 10^{-11}} = \frac{10 \times 10^{-15}}{3.16 \times 10^{-11}} = 3.16 \times 10^{-4}\ M$$

$$Mg(OH)_2 \rightleftharpoons Mg^{+2} + 2OH^-$$
$$S \qquad\qquad S \qquad 3.16 \times 10^{-4}$$

$$K_{sp} = [Mg^{+2}][OH^-]^2$$
$$1.8 \times 10^{-11} = (S)(3.16 \times 10^{-4})^2$$

$$S= \frac{1.8 \times 10^{-11}}{(3.16 \times 10^{-4})^2} = \frac{18 \times 10^{-12}}{10 \times 10^{-8}} = 1.8 \times 10^{-4}\ M$$ ذوبانية هيدروكسيد المغنسيوم

تمرين (3-20) أحسب ذوبانية هيدروكسيد الخارصين في محلول ثبتت حامضيته عند

أ) $PH = 6$ ب) $PH = 9$ ثم ناقش النتائج علما ان $K_{sp}(Zn(OH)_2) = 1.2 \times 10^{-17}$

الحـــــــــــل/

أ) عند $PH = 6$ نحسب تركيز $[H^+]$ ومنه نحسب تركيز $[OH^-]$

$[H^+] = 10^{-PH}$

$[H^+] = 10^{-6}$

$[OH^-][H^+] = 1 \times 10^{-14}$

$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[H^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-6}} = 1 \times 10^{-8} M$

نكتب الان معادلة تفكك هيدروكسيد الخارصين

$Zn(OH)_2 \rightleftharpoons Zn^{+2} + 2OH^-$

$S \qquad S \qquad 1 \times 10^{-8}$

$K_{sp} = [Zn^{+2}][OH^-]^2$

$1.2 \times 10^{-17} = (S)(1 \times 10^{-8})^2$

$S = \frac{1.2 \times 10^{-17}}{(1 \times 10^{-8})^2} = \frac{1.2 \times 10^{-17}}{1 \times 10^{-16}} = 1.2 \times 10^{-1} M$ ذوبانية هيدروكسيد الخارصين عند PH = 6

ب) عند $PH = 9$ نحسب تركيز $[H^+]$ ومنه نحسب تركيز $[OH^-]$

$[H^+] = 10^{-PH}$

$[H^+] = 10^{-9}$

$[OH^-][H^+] = 1 \times 10^{-14}$

$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[H^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-9}} = 1 \times 10^{-5} M$

نكتب الان معادلة تفكك هيدروكسيد الخارصين

$Zn(OH)_2 \rightleftharpoons Zn^{+2} + 2OH^-$

$S \qquad S \qquad 1 \times 10^{-5}$

$K_{sp} = [Zn^{+2}][OH^-]^2$

$1.2 \times 10^{-17} = (S)(1 \times 10^{-5})^2$

$S = \frac{1.2 \times 10^{-17}}{(1 \times 10^{-5})^2} = \frac{1.2 \times 10^{-17}}{1 \times 10^{-10}} = 1.2 \times 10^{-7} M$ ذوبانية هيدروكسيد الخارصين عند PH = 9

المناقشة عندما كان المحلول PH=6 ***كانت الذوبانية*** 1.2×10^{-1} ***ولكن عندما اصبحت*** PH =9 ***اصبح المحلول قاعدي فقلت الذوبانية بشكل كبير وبعمل مقارنة نجد ان الذوبانية عند*** PH =6 ***أكبر بمليون مرة من*** PH=9 .

أسئلة الفصل الخاصة بالذوبانية

سؤال(3-20) ما عدد غرامات ملح كرومات الفضة Ag_2CrO_4 (M= 332g/mol) التي يمكن ان تذوب في *100ml* من الماء المقطر علما ان Ksp= 1.1 X 10^{-12}

$\sqrt[3]{0.275}$ =0.65

$$Ag_2CrO_4 \rightleftharpoons 2Ag^+ + CrO_4^{-2}$$

2S S

$$K_{sp} = [Ag^+]^2[CrO_4^{-2}]$$

$$1.1 \times 10^{-12} = (2S)^2 \times S = 4S^3$$

$$S^3 = \frac{1.1 \times 10^{-12}}{4} = 0.275 \times 10^{-12}$$ نأخذ الجذر التكعيبي

$$S = 0.65 \times 10^{-4} = 6.5 \times 10^{-5}\ M$$

نحسب m من العلاقة التالية (m = (M(mol/L) X M(g/mol) X V(L) وعلية

m = 6.5 X 10^{-5}mol/L X 332g/mol X 0.1(L) = 0.00216 = 2.16 X 10^{-3} g

سؤال(3-21) ما ذوبانية ملح كرومات الباريوم $BaCrO_4$ في محلول يكون فيه تركيز كلوريد الباريوم القوي يساوي *0.1M* اذا علمت ان *Ksp(BaCrO4) = 1.2 X 10^{-10}*

الحـــــل/ نطبق علاقة الايون المشترك مباشرة

$$BaCrO_4 \rightleftharpoons Ba^{+2} + CrO_4^{-2}$$

S S S

$$BaCl_2 \rightarrow Ba^{+2} + 2Cl^-$$

0.1 0.1 0.2

$$K_{sp} = (0.1 + S)(S)$$

يهمل

$$S = \frac{Ksp}{0.1} = \frac{1.2 \times 10^{-10}}{0.1} = 1.2 \times 10^{-9}\ mol/L$$

ملاحظة طبقنا علاقة الملح مع الايون المشترك مباشرة لأنه لم يذكر أحسب الذوبانية في الماء المقطر وايضا استخدمنا الرمز S بدل من الرمز Y .

سؤال (3-27) احسب الذوبانية المولارية والذوبانية بوحدة *g/L* لهيدروكسيد الخارصين *(M=99.4)*

اذا علمت ان *Ksp = 1.2 X 10^{-17}* علما ان *=1.422* $\sqrt[3]{3}$

$$Zn(OH)_2 \rightleftharpoons Zn^{+2} + 2OH^-$$

S *S* 2S

$$K_{sp} = [Zn^{+2}][OH^-]^2$$

$$1.2 \times 10^{-17} = (S)(2S)^2 = 4S^3$$

$$S^3 = \frac{1.2 \times 10^{-17}}{4} = \frac{12 \times 10^{-18}}{4} = 3 \times 10^{-18}$$ بالجذر التكعيبي

$$S = 1.422 \times 10^{-6}\ M$$

S(g/L)= S(mol/L) X M(g/mol) = 1.422X 10^{-6} mol/L X 99.4 g/mol = 143.3 X 10^{-6} g/L

حل اسئلة الفصل الثالث

س١/ المعادلة الاتية تبين حالة الاتزان بين جزيئات الماء ايوناته

$$2H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$$

أ- هل يتأثر اتزان هذا النظام بتغير درجة الحرارة الجواب / نعم

ب- ما قيمة ثابت الحاصل الايوني للماء عند درجة حرارة 25C° وكم هو تركيز ايون الهيدروجين وتركيز ايون الهيدروكسيد؟

الجواب/ قيمة ثابت حاصل الايوني للماء = $1 X 10^{-14}$

تركيز ايون الهيدروجين $[H^+]$ = $1X 10^{-7}$

تركيز ايون الهيدروكسيد [OH-] = $1X 10^{-7}$

س٥/ أختر الجواب الصحيح

١- ان عدد مليغرامات يودات الباريوم(M= 487g/mol) و Ksp($1.57 X 10^{-9}$) التي يمكن ان تذوب في 150ml الماء النقي (أ) 34.4mg (ب) 44.4mg <u>(ج) 53.4mg</u>

الحـــــــل

$$Ba(IO_3)_2 \rightleftharpoons Ba^{+2} + 2IO_3^-$$

S S 2S

$$K_{SP} = [Ba^{+2}][IO_3]^2 = S X (2S)^2 = 4S^3$$

$$S^3 = \frac{KSP}{4} = \frac{1.57 X 10^{-9}}{4} = 0.3925 X 10^{-9}$$ بالجذر التكعيبي

$S = 0.732 X 10^{-3} = 7.3 X 10^{-4}$ M الذوبانية في الماء النقي

نحسب m من العلاقة التالية (m = (M(mol/L) X M(g/mol) X V(L) وعليه

$m = 7.32 X 10^{-4}$ mol/L X 487g/mol X 0.15(L) = 0.0534 g

m(mg) = 0.0534 X 1000 = 53.4 mg وعليه الجواب يكون فرع ج

٢- التراكيز المولارية لأيونات Na+ و SO_4^{-2} في محلول مائي لكبريتات الصوديوم 0.4M Na_2SO_4 هي أ- $[Na^+]= 0.4$ $[SO_4^{-2}]=0.4$ ب- $[Na^+]= 0.2$ $[SO_4^{-2}]=0.4$ <u>ج- $[Na^+]= 0.8$ $[SO_4^{-2}]=0.4$</u>

الحـــــــــل /

$$Na_2SO_4 \longrightarrow 2Na^+ + SO_4^{-2}$$

0.4	0	0
0	0.8	0.4

نلاحظ ان التراكيز عند الاتزان $[Na^+]= 0.8$ $[SO_4^{-2}]=0.4$

وعليه الجواب فرع ج

٣- قيم PH و POH لمحلول 0.05M هيدروكسيد الصوديوم

أ) PH=1.3 POH=12.7 ب) PH=7 POH=7 ج) **PH=12.7 POH =1.3**

$$NaOH \longrightarrow Na + OH$$

NaOH	Na	OH
0.05	0	0
0	0.05	0.05

$POH = -Log(OH^-) = -Log(5 X 10^{-2}) = -(Log5 + Log 10^{-2})$

$POH = -(0.7 - 2) = 1.3$

$PH = 14 - 1.3 = 12.7$

وعليه ج هو الجواب هو الصحيح

٤) قيمة POH لمحلول نترات الامونيوم بتركيز 0.5M

أ) 7 ب) **9.22** ج) 4.78 الجواب ب (نفس تمرين 3-11ص)

سؤال(3-8) اكمل الفراغات في الجدول التالي

رقم المحلول	POH	OH	PH	H_3O^+
1	14- 3.84 =10.16	$[OH^-] = 10^{-POH}$ $= 10^{-10.16+11-11}$ $=10^{0.84 -11}$ $=6.9 X 10^{-11}$ M	3.84	$H_3O^+= \frac{1 X 10^{-14}}{6.9 X10^{-11}}$ $=1.45 X 10^{-4}$ M
2	14-12.61 =1.39	$[OH^-] = 10^{-POH}$ $= 10^{-1.39+2-2}$ $=10^{0.61 -2}$ $=4.07 X10^{-2}$ M	12.61	$H_3O^+= \frac{1 X 10^{-14}}{4.07 X10^{-2}}$ $= 2.12 X 10^{-13}$
3	2.9	$OH^-= \frac{1 X 10^{-14}}{7.94 X10^{-12}}$ $= 1.26 X 10^{-3}$ M	14-2.9 =11.1	$[H_3O^+] = 10^{-PH}$ $= 10^{-11.1+12-12}$ $=10^{0.9 -12}$ $=7.94 X 10^{-12}$ M
4	9.47	واجب الناتج $3.38 X 10^{-10}$	واجب الناتج سيكون 4.53	واجب الناتج $2.95X10^{-5}$

سؤال (3-9) اكمل الفراغات التالية

PK_{sp}	K_{sp}	الذوبانية	الملح
$PK_{sp} = -\text{Log}(K_{sp})$ $PK_{sp} = -(\text{Log}6 \times 10^{-50})$ $PK_{sp} = -(\text{Log}6 + \text{Log}\,10^{-50})$ $PK_{sp} = -(0.78 - 50) = 49.22$	(معطى) 6×10^{-50}	(mol/L) $Ag_2S \rightleftharpoons 2Ag + S$ S 2s s $Ksp = 4(S)^3$ $S^3 = \frac{6 \times 10^{-50}}{4}$ $S^3 = 1.5 \times 10^{-50}$ $S3 = 15 \times 10^{-51}$ $S = 2.47 \times 10^{-17}$ mol/L	Ag_2S
معطى 4.06	$K_{sp} = 10^{-PKsp}$ $K_{sp} = 10^{-4.06+5-5}$ $K_{sp} = 10^{0.94-5}$ $K_{sp} = 10^{0.94} \times 10^{-5}$ $K_{sp} = 8.7 \times 10^{-5}$	$MgC_2O_4 \rightleftharpoons Mg + C_2O_4$ S S S $Ksp = S^2$ $S^2 = 8.7 \times 10^{-5}$ $S = 9.3 \times 10^{-3}$ mol/L $S_{(g/L)} = S_{(M)} \times M_{(g/mol)}$ $= 9.3 \times 10^{-3}$ mol/L X 112 S(g/L) = 1.041 g/L	MgC_2O_4
$PK_{sp} = -\text{Log}(K_{sp})$ $PK_{sp} = -(\text{Log}4.48 \times 10^{-93})$ $PK_{sp} = -(\text{Log}4.48 + \text{Log}10^{-93})$ $PK_{sp} = -(0.65 - 93) = 92.35$	$Sp_2S_3 \rightarrow 2Sp^{-3} + 3S^{-2}$ 2s 3s $K_{sp} = (2S)^2 \times (3S)^3$ $K_{sp} = 4S^2 \times 27S^3$ $K_{sp} = 108\,S^5$ $= 108(1.35 \times 10^{-19})^5$ $= 4.84 \times 10^{-93}$	1.35×10^{-19} mol/L معطى	Sp_2S_3
واجب الجواب / PKsp =7.84	واجب الجواب $Ksp = 1.44 \times 10^{-8}$	واجب0.02 (g /L) الجواب/ $S(mol/L) = 1.2 \times 10^{-4}$ M	$ZnSO_4$ كتله المولية 161.5

ارقام صفحات المسائل

- السؤال ١ ص ٥٨
- السؤال ٢ ص ٤٠
- السؤال ٣ ص ٢٧
- السؤال ٤ ص ٢٠
- السؤال ٥ ص ٥٨و٥٩
- السؤال٦ ص ٤١و٤٣
- السؤال ٨ ص ٥٩
- السؤال ٩ ص ٦٠
- السؤال ١٠ ص ١١
- السؤال ١١ ص ١١
- السؤال١٢ ص ٣٦
- السؤال ١٣ ص ٣٦
- السؤال ١٤ ص ٣٦
- السؤال ١٥ ص٥٢
- السؤال ١٦ ص٢٧
- السؤال ١٧ ص ١٢
- السؤال ١٨ ص ٣٨واجب
- السؤال ١٩ ص ٥٣
- السؤال ٢٠ ص ٥٧
- السؤال ٢١ ص ٥٧
- السؤال ٢٢ ص ٤٤
- السؤال ٢٣ ص ٤٤
- السؤال ٢٤ ص ٤٢
- السؤال ٢٥ ص ٢٠
- السؤال ٢٦ ص ١٢
- السؤال ٢٧ ص ٥٧
- السؤال ٢٨ ص ٤٠
- السؤال ٢٩ ص ٥٠

تمت بعونه تعالى

ا.د مينا الاحمد

ا.د اشرف الوائلي

2017

saja aljumaily

رحلة التفوق في السادس

ـ مساعد الطالب في ـ

الكيمياء

الصف السادس العلمي
الفرع الاحيائي

الفصل الرابع

الاستاذ : مهند السوداني

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ وقل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون ﴾

انطلاقا من قول المصطفى (ص): ((زكاة العلم نشرهُ وتعليمهُ))

تضع شبكة مواقع رحلة التفوق في السادس التعليمية التربوية الخيرية بيـن ايديكم احدى اعمالها من ملازم مرحلة السـادس الأعدادي هذه المرحلة الهامة والمصيرية في حياة اعزائنا الطلبة وخاصة المتعففين منهم ولمن يتعذر عليه اقتناء هذه المساعدات المدرسية في محافظاتنا العراقية العزيزة بهدف النهوض وتطوير الواقع التعليمي ولو بالجزء اليسير.

إذ أن شبكتنا لاتقتصر عاى نشر الملازم المدرسية فقط أنما تقوم بنشـر الدروس المرئية المجانية لأكفأ التدريسيين بالأضافة الـى مجموعة قنواتنا التـدريسية وكذلك الأرشادات والنصائح وطـرق الدراسـة الصحيحة هذا من جهة. أما من جهة أخرى فهو كـسر لشـوكة بعض المحسـوبين علـى الكـادر التدريسي ممن يرفضـون نشـر ملازمهم والتعـاون مع ابنائهم الطلبة ليأخذوا من المال هدفا أهم ويتناسوا مصلحة الطالب والواقع التعليمي المتدني.

علماً ان كـادر الشـبكة والقائمين عليها هم مجموعة من الشـبـاب العراقي الواعي المثقف بالأضافة الى تعـاون بعض المدرسين الكرام كمـا واننـا غير تابعين لأي جهة كانت رسمية او غير رسـمية انما سر تجمعنا وعملنا هو خيري بحت آملين من الله عز وجل ان يوفقنا لتقديم كل ما هو صالح لشعبنا و وطننا الحبيب.

كادر شبكة رحلة التفوق في السادس

٢٠١٥/٨/٢١

ا.د : اشرف الوائلي

ا.د : مينا الاحمد

4-1 مقدمة

الكيمياء الكهربائية : فرع من فروع علم الكيمياء تهتم بالتحولات بين الطاقة الكيميائية والكهربائية اي تهتم بالتفاعلات التي تحصل نتيجة امرار التيار الكهربائي والتفاعلات التي تؤدي الى نشوء تيار كهربائي.

س/ ما اهي اهم تطبيقات الكيمياء الكهربائية.

١- تصميم واستعمال البطاريات المختلفة ٢- عمليات الطلاء والترسيب.
٣- تصنيع الدوائر الكهربائية المطبوعة وعملية تنقية الفلزات.

4-2 اعداد التأكسد

عدد التأكسد : هو عدد يمثل عدد الالكترونات التي تفقدها او تكتسبها الذرة حيث يمثل بعدد موجب عن الفقدان وعدد سالب عند الاكتساب.

القواعد المستخدمة لحساب أعداد التأكسد.

١- عدد التأكسد لأي عنصر حر غير متحد = صفر مثل $P_4 - Cl_2 - N_2 - O_2 - K - Na - Be$.
٢- عدد التأكسد للايون احادي الذرة يساوي الشحنة على هذا الايون O^{-2} =-2 Mg^{+2} =+2.
٣- عدد التأكسد للهيدروجين 1+ لكن في الهيدريدات = -1 مثل هيدريد الصوديوم NaH
٤- عدد التأكسد للأوكسجين = -2 لكن في البيروكسيدات = -1. مثل H_2O_2
٥- أ- عدد التأكسد لعناصر الزمرة الاولى = (+1) مثل Li- Na –K – Rb
ب- عدد التأكسد لعناصر الزمرة الثانية = (+2) مثل Be – Mg – Ca – Sr - Ba
ج-عدد التأكسد لعناصر الزمرة الثالثة = (+3) مثل B- Al –Ga – In
د- عدد التأكسد لعناصر الزمرة السابعة الهالوجينات = (-1) مثل F- Cl –Br – I
لكن ليس دائما انما تختلف في حالات وخاصة ومع الايونات السالبة والاغلب الاوكسجين
٦- للحفظ ايضا (الذهب Au= +3) (النيكل Ni=+2) (النحاس Cu=+2) (الفضة Ag=+1)

ولاستخراج عدد التأكسد لذرات العناصر الاخرى عند وجودها في الجزيئات والتي لم تذكر في القواعد اعلاه فيمكن استخدام القاعدتين اعلاه

القاعدة الاولى :- مجموع اعداد التأكسد لجميع الذرات في مركب متعادل = صفر
مثلا Na= +1 و Cl= -1 وبذلك حسب القاعدة المجموع الجبري لأعداد التأكسد = 0

القاعدة الثانية :- مجموع اعداد التأكسد لجميع الذرات في أيون متعدد الذرات = شحنة الايون

$H_2PO_4^-$ $X + (+1 \times 2) + (-2 \times 4) = -1$

$X = +5 =$ شحنة الفسفور

مثال(4 -1) حدد اعداد التأكسد للعناصر في المركبات والايونات والذرات الاتية

SO_2 – KCl – Mg^{+2} – PO_4^{-3} – BaO – F_2

الحـــــــــل/

$F_2 \longrightarrow F = 0$ لان الفلور عنصر حر

$BaO = Ba + (-2 \times 1) = 0 \longrightarrow Ba = +2$

$PO_4^{-3} = P + (-2 \times 4) = -3 \longrightarrow P = +5$

$Mg^{+2} \longrightarrow Mg = +2$

$KCl = K = +1 \quad Cl = -1$

$SO_2 = S + (-2 \times 2) = 0 \longrightarrow S = +4$

تمرين(4-1) احسب اعداد التأكسد للعناصر المشار اليها باللون الاحمر في المركبات والايونات الاتية:

MnO_4^{-1} – K_2Cr_2O4 – $NaIO_3$ – H_2SO_4 – H_2CO_3 – HPO_4^{-2}

الحـــــــــل/

$MnO_4^{-1} = Mn + (-2 \times 4) = -1 \longrightarrow Mn = +7$

$K_2Cr_2O_4 = (+1 \times 2) + (2Cr) + (-2 \times 4) = 0 \rightarrow 2Cr = +6 \rightarrow Cr = +3$

$NaIO_3 = (+1 \times 1) + (I) + (-2 \times 3) = 0 \longrightarrow I = +5$

$H_2SO_4 = (+1 \times 2) + (S) + (-2 \times 4) = 0 \longrightarrow S = +6$

$H_2CO_3 = (+1 \times 2) + (C) + (-2 \times 3) = 0 \longrightarrow C = +4$

$HPO_4^{-2} = (+1 \times 1) + (P) + (-2 \times 4) = -2 \longrightarrow C = +5$

3-4 تفاعلات التأكسد والاختزال

التعاريف القديمة

التأكسد : عملية فقدان الاوكسجين.

الاختزال : عملية اكتساب الاوكسجين.

التعاريف الحديثة

يوضع في نواتج الطرف الذي عانى تأكسد

e^-

وفي متفاعلات الطرف الذي عانى اختزال

التأكسد : عبارة عن تغير كيميائي يصحبه فقدان من الالكترونات من ذرة او مجموعة من الذرات ويؤدي الى زيادة عدد التأكسد لاحظ المعادلة التالية $Na^0 \longrightarrow Na^+ + e^-$

الاختزال : عبارة عن تغير كيميائي تكتسب فيه الذرة او مجموعة من الذرات الكترونات ويؤدي الى نقصان في عدد التأكسد لاحظ المعادلة التالية $Cl_2 + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-$

لاحظ ان كل ذرة صوديوم فقدت الكترون لكن زاد عدد تأكسدها بينما أكتسب كل جزيئة كلور الكترونين وقل عدد تأكسدها.

ملاحظات مهمة جدا

١- الصنف الذي يزداد عدد تأكسده هو الذي تم اكسدته وهو الذي يفقد الالكترونات وهو العامل المختزل وهو من سيكون قطب أنود (يأتي لاحقا).

٢- الصنف الذي يقل عدد تأكسده هو الذي تم اختزاله وهو الذي يكتسب الالكترونات وهو العامل المؤكسد وهو من سيكون قطب كاثود (يأتي لاحقا).

٣- لا يمكن ان تحدث عملية التأكسد دون حدوث عملية الاختزال (علل) لان المادة التي تختزل تقابلها مادة تتأكسد.

٤- العدد الكلي للالكترونات المفقودة = العدد الكلي للالكترونات المكتسبة

٥- نحصل على المعادلة العامة للتفاعل بعد جمع معادلتي التأكسد والاختزال بعد حذف الالكترونات التي يجب ان تكون متساوية لاحظ المعادلات ادناه

$$Na^0 \longrightarrow Na^+ + e^-$$

$$Cl_2 + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-$$

نلاحظ ان عدد الكترونات الصوديوم المفقودة = 1 وعدد الكترونات الكلور المكتسبة = 2 وعليه يجب ضرب المعادلة الاولى x 2 وبعدها نقوم بجمع المعادلتين

$$2Na^0 \longrightarrow 2Na^+ + \cancel{2e^-}$$

$$Cl_2 + \cancel{2e^-} \longrightarrow 2Cl^-$$

$$2Na + Cl_2 \longrightarrow 2Na^+ + 2Cl^-$$

٦- عمليات التأكسد هي (من)	(إلى)	٧- عمليات الاختزال (من)	(إلى)
0	+	+	0
+	+ اكبر	+	+ اصغر
–	0	0	–
–	– اصغر	–	– اكبر
–	+	+	–

امثلة عامة

اي من التفاعلين أدناه يعتبر تفاعل تأكسد واختزال

$$\underset{+5\ \ -1\times 5}{PCl_5} + \underset{+1\times 2\ \ -2}{4H_2O} \longrightarrow \underset{+1\times 3\ \ +5\ \ -2\times 4}{H_3PO_4} + \underset{+1\ \ -1}{5HCl}$$

ليس تفاعل تأكسد واختزال لعدم حدوث اي تغير في اعداد التأكسد

$$\underset{0}{Cu} + \underset{+1\ \ +5\ \ -2\times 3}{4HNO_3} \longrightarrow \underset{+2\ \ -1\times 2}{Cu(NO_3)_2} + \underset{+4\ \ -2\times 2}{2NO_2} + \underset{+1\times 2\ \ -2}{2H_2O}$$

تفاعل تأكسد واختزال لحدوث تغير في اعداد التأكسد .

كيفية كتابة انصاف التفاعل للتأكسد والاختزال

لنأخذ المثال الاتي

$$2Na + Cl_2 \longrightarrow 2Na^+ + 2Cl^-$$

نصف تفاعل تأكسد $2Na \longrightarrow 2Na^+ + \cancel{2e^-}$

نصف تفاعل اختزال $Cl_2 + \cancel{2e^-} \longrightarrow 2Cl^-$

$$2Na + Cl_2 \longrightarrow 2Na^+ + 2Cl^-$$

مثال (4 – 2) حدد الذرات التي تعاني تأكسد والتي تعاني اختزال في التفاعلات الاتية مع كتابة انصاف التفاعل

1) $Cl_2 + 2I^- \longrightarrow 2Cl^- + I_2$

$2I^- \longrightarrow I_2 + 2e^-$ نصف تفاعل تأكسد

$Cl_2 + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-$ نصف تفاعل اختزال

$Cl_2 + 2I^- \longrightarrow 2Cl^- + I_2$

2) $Mg + Fe^{+2} \longrightarrow Mg^{+2} + Fe$

$Mg \longrightarrow Mg^{+2} + 2e^-$ نصف تفاعل تأكسد

$Fe^{+2} + 2e^- \longrightarrow Fe$ نصف تفاعل اختزال

$Mg + Fe^{+2} \longrightarrow Mg^{+2} + Fe$

تمرين (4 – 2) حدد الذرات التي تعاني تأكسد والتي تعاني اختزال في التفاعلات الاتية مع كتابة انصاف التفاعل

1) $Zn + Cu^{+2} \longrightarrow Zn^{+2} + Cu$

$Zn \longrightarrow Zn^{+2} + 2e^-$ نصف تفاعل تأكسد

$Cu^{+2} + 2e^- \longrightarrow Cu$ نصف تفاعل اختزال

$Zn + Cu^{+2} \longrightarrow Zn^{+2} + Cu$

2) $Mg + 2HCl \longrightarrow MgCl_2 + H_2$

$Mg \longrightarrow Mg^{+2} + 2e^-$ نصف تفاعل تأكسد

$2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$ نصف تفاعل اختزال

$Mg + 2H^+ \longrightarrow Mg^{+2} + H_2$

4-4 العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة

العامل المختزل : هي المادة التي لها القدرة على اختزال مادة اخرى وهي التي تفقد الالكترونات ويزداد عدد تأكسدها اي هي التي تتأكسد.

العامل المؤكسد : هي المادة التي لها القدرة على أكسدة مادة اخرى وهي التي تكتسب الالكترونات ويقل عدد تأكسدها اي هي التي تختزل.

لاحظ المعادلة ادناه

$$\underset{0}{Cu} + 4\underset{+1\ \ +5\ \ -2X3}{HNO_3} \longrightarrow \underset{+2\ \ -1\ X\ 2}{Cu(NO_3)_2} + 2\underset{+4\ \ -2\ X2}{NO_2} + 2\underset{+1\ X2\ -2}{H_2O}$$

النحاس هو العامل المختزل لانه تأكسد من 0 الى +2

النتروجين هو العامل المؤكسد اختزل من +5 **الى** +4

الامثلة والتمارين واسئلة الفصل الخاصة بالمواضيع السابقة

مثال (4-3) حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في كل من التفاعلات الاتية

$Zn + CuSO_4 \longrightarrow ZnSO_4 + Cu$

$Zn \longrightarrow Zn^{+2} + 2e^-$ عانى تأكسد لذا هو عامل مختزل

$Cu^{+2} + 2e^- \longrightarrow Cu$ عانى اختزال لذا هو عامل مؤكسد

$Cu + 2AgNO_3 \longrightarrow Cu(NO_3)_2 + 2Ag$

$Cu \longrightarrow Cu^{+2} + 2e^-$ عانى تأكسد لذا هو عامل مختزل

$2Ag^+ + 2e^- \longrightarrow 2Ag$ عانى اختزال لذا هو عامل مؤكسد

تمرين (4-3) حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في كل من التفاعلات الاتية

$2C + O_2 \longrightarrow 2CO$

$2C \longrightarrow 2C^{+2} + 4e^-$ عانى تأكسد لذا هو عامل مختزل

$O_2 + 4e^- \longrightarrow 2O^{-2}$ عانى اختزال لذا هو عامل مؤكسد

$Mg + Cl_2 \longrightarrow MgCl_2$

$Mg \longrightarrow Mg^{+2} + 2e^-$ عانى تأكسد لذا هو عامل مختزل

$Cl_2 + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-$ عانى اختزال لذا هو عامل مؤكسد

اضافي

في التفاعل التالي اي مما يأتي تم اختزاله

$2K + Br_2 \longrightarrow 2K^+ + 2Br^-$

$2K \longrightarrow 2K^+ + 2e^-$ تأكسد

$Br_2 + 2e^- \longrightarrow 2Br^-$ اختزال

من معادلي نصف التفاعل نلاحظ ان Br_2 تم اختزاله لان عدد تأكسده قل من 0 الى -1

سؤال (4-15) من اسئلة الفصل /

حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل

$AgNO_2 + Cl_2 + 2KOH \longrightarrow AgNO_3 + 2KCl + 3H_2O$

ج/

$AgNO_3$ هو العامل المختزل لانه عانى تأكسد.

Cl_2 هو العامل المؤكسد لانه عانى اختزال.

سؤال (4-23) من اسئلة الفصل / اي تفاعل هو تفاعل تأكسد واختزال للتفاعلات التالية

1) $Al_2O_3 + 6HCl \longrightarrow 2AlCl_3 + 3H_2O$

+3 x2 -2 X 3 | +1 -1 | +3 -1 X 3 | +1x2 –2

ج / ليس تفاعل تأكسد واختزال لانه لم يحدث اى تغير في اعداد التأكسد لجميع عناصر التفاعل

2) $2Na + Cl_2 \longrightarrow 2NaCl$

0 | 0 | +1 -1

ج / تفاعل تأكسد واختزال لوجود تغير في اعداد التأكسد لعناصر التفاعل

3) $2KClO_3 \longrightarrow 2KCl + 3O_2$

+1 +5 -2X3 | +1 -1 | 0

ج / تفاعل تأكسد واختزال لوجود تغير في اعداد التأكسد لبعض عناصر التفاعل

4) $SiBr_4 + 3H_2O \longrightarrow H_2SiO_3 + 4HBr$

+4 -1 X4 | +1x2 -2 | +2 +4 -6 | +1 -1

ج / ليس تفاعل تأكسد واختزال لانه لم يحدث اى تغير في اعداد التأكسد لجميع عناصر التفاعل

5) $Zn + CuSO_4 \longrightarrow ZnSO_4 + Cu$

0 | +2 -2 | +2 -2 | 0

ج / تفاعل تأكسد واختزال لوجود تغير في اعداد التأكسد لبعض عناصر التفاعل

4-5 الخلايا الكهروكيميائية

تتكون من قطبين احدهما قطب موجب يدعى الأنود والاخر قطب سالب يدعى الكاثود

الأنــود :- هو القطب الموجب للخلية الكهروكيميائية والذي تجري عنده عملية التأكسد ويكون مصدرا للالكترونات.

الكاثود :- هو القطب السالب للخلية الكهروكيميائية والذي تجري عنده عملية الاختزال حيث تتحول اليه الالكترونات من الانود عبر سلك خارجي.

يكون كلا القطبين في محلول الكتروليتي تشترك مكوناته في تفاعلات الاكسدة والاختزال والتي تجري على سطح القطبين

تقسم الخلايا الكهروكيميائية الى نوعين

١- الخلايا الكلفانية (الفولتية) ٢- الخلايا الالكتروليتية

4-6 الخلايا الكلفانية

هي تلك الخلايا التي تتحول فيها الطاقة الكيميائية الى طاقة كهربائية من خلال تفاعل كيميائي يجري تلقائيا وتسمى ايضا بالخلية الفولتية من الامثلة عليها النضائد والبطاريات.

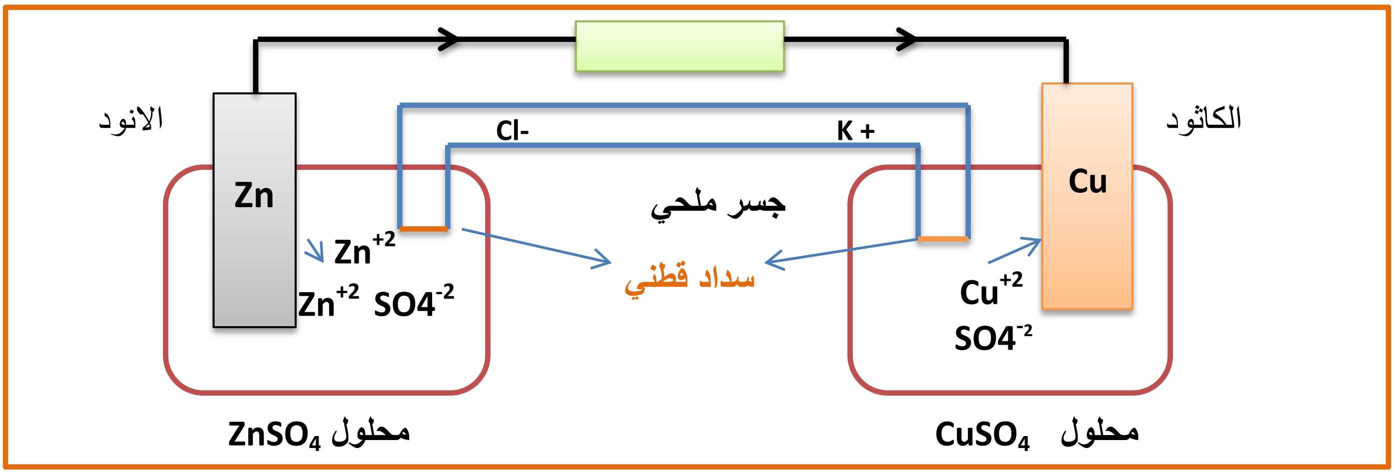
س/ وضح بمثال او تجربة عملية حدوث أكسدة و اختزال داخل خلية كلفانية؟

ج/ عند غمر لوح من الخارصين في محلول كبريتات النحاس الزرقاء يبدأ بالتآكل ويصاحب ذلك زيادة في تركيز ايونات الخارصين اي حدوث تفاعل تلقائي. وفي نفس الوقت تبدا طبقة بنية (عنصر النحاس) باكساء الخارصين ويترسب قسم من النحاس في قعر الاناء ويبدئ اللون الازرق بالاختفاء (نتيجة لنقصان تركيز ايونات النحاس) ويصبح المحلول عديم اللون.

$$Zn + CuSO_4 \longrightarrow Cu + ZnSO_4$$

ايونات الكبريتات لم تعان تغير في اعداد تأكسدها (لانها لم تشترك بالتفاعل الكيميائي)

خلية دانيال



مكونات خلية دانيال

تعتبر خلية دانيال من أشهر وابسط الخلايا الكلفانية ومكوناتها الاساسية

١ـ لوح الخارصين مغمور في محلول كبريتات الخارصين وهو القطب الموجب الذي تجري عليه عملية التأكسد

٢ـ لوح النحاس مغمور في محلول كبريتات النحاس وهو القطب السالب الذي تجري عليه عملية الاختزال.

٣- سلك خارجي يحدث فيه انتقال الالكترونات من الانود الى الكاثود.

٤ـ جسر ملحي :ـ عبارة عن انبوب زجاجي على شكل حرف U مقلوب يحتوي محلول الكتروليتي خامل يثبت بداخل الانبوب بمادة تدعى الاكار واهميته

١ـ اكمال الدائرة الكهربائية.

٢- توصيل محلولي القطبين دون امتزاجهما اي تتحرك الايونات من خلاله من وعاء الى أخر

تعاريف اخرى

الاكار: مادة صمغية نحصل عليها من الطبيعة لها استخدامات متعددة تصبح سائلة عند تسخينها وصلبة بدرجة حرارة الغرفة تستعمل لتثبيت المادة الالكتروليتية الخاملة داخل الجسر الملحي.

قطب العنصر:ـ هو ذلك العنصر المغمور في محلول ايوناته او الذي يكون في حالة تماس مع محلول يحتوي ايوناته مثل لوح الخارصين المغمور في محلول كبريتات الخارصين.

س/ أكتب تفاعلات نصفي خلية دانيال التفاعل العام للخلية واشرح عملية خلية دانيال؟

الجواب / تفاعلات نصفي الخلية

$Zn_{(s)} \longrightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + 2e-$ تفاعل نصف خلية تأكسد

$Cu^{+2}_{(aq)} + 2e^{-} \longrightarrow Cu_{(s)}$ تفاعل نصف خلية اختزال

التفاعل العام للخلية

$$Zn_{(s)} + Cu^{+2}_{(aq)} \longrightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + Cu_{(s)}$$

عمل خلية دانيال : حالما تكتمل الدائرة الكهربائية تبدا تفاعلات نصفي خلية الخلية التأكسد والاختزال تلقائيا وكما يلي

١- **تفاعل نصف الخلية / قطب Zn (الانود) :ـ** كل ذرة خارصين تفقد الكترونين ليعطي Zn^{+2} فينتقل الالكترون من قطب الخارصين عبر السلك الموصل الخارجي وتدخل محلول قطب النحاس لذا يذوب ويتآكل لوح الخارصين تدريجيا

$$Zn \xrightarrow{\text{تأكسد}} Zn^{+2} + 2e-$$

٢ـ **تفاعل نصف الخلية / قطب Cu (الكاثود) :ـ** كل ايون نحاس يكتسب الكترونين القادمة من Zn عبر السلك الموصل الخارجي فتتحول الى ذرات النحاس الصلبة وتترسب على لوح النحاس فيزداد سمكه

$$Cu^{+2} + 2e- \xrightarrow{\text{اختزال}} Cu$$

ملاحظات اخرى: ١ـ من الامثلة على المركبات الخاملة المستعملة لملئ الجسر الملحي K_2SO_4 - KNO_3 - KCl

٢ـ للتذكير(السلك الخارجي لنقل الالكترونات والجسر الملحي لنقل الايونات)

٣ـ هناك خلايا مشابه لدانيال من حيث التصميم لكن تختلف في نوع الاقطاب.

٤ـ مثال (4-4) في الصفحة اللاحقة يعتبر نموذج لحل مسائل خلية دانيال والخلايا المشابهة.

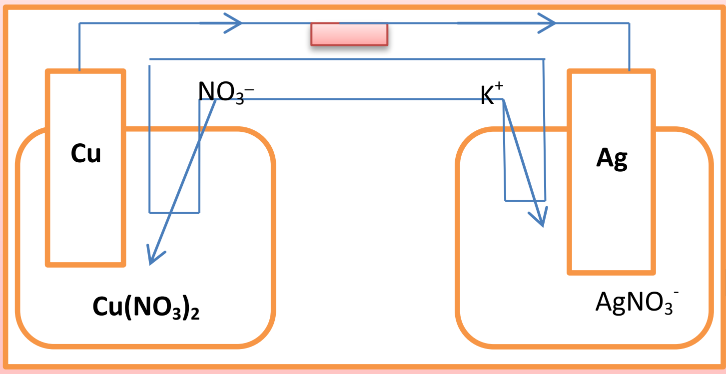
ما الذي يحدث في خلية دانيال

- بعد فترة من الزمن بعد انتقال الالكترونات من ذرات الخارصين الى لوح النحاس سيزداد تركيز ايونات الخارصين Zn^{+2} وايضا سيكون هناك نقص في محلول كبريتات النحاس فسيحدث الاتي

أ- ايونات الكبريتات التي بقيت في قطب الكاثود ستنتقل الى الجسر الملحي الى محلول كبريتات الخارصين باتجاه الانود.

ب- ايونات البوتاسيوم K^+ ستنتقل من الجسر الملحي الى محلول كبريتات النحاس لمعالجة نقص تركيز ايون النحاس Cu^{+2} بينما ايونات Cl^- ستنتقل الى محلول كبريتات الخارصين لمعالجة الفائض من ايونات الخارصين Zn^{+2}.

مثال (4 - 4) اذا علمت ان التفاعل التالي يحدث بصورة تلقائية في الخلية الكلفانية الموضحة في الشكل



$$Cu + 2Ag^+ \longrightarrow Cu^{+2} + 2Ag$$

أ- اكتب تفاعل نصفي الخلية

ب- وضح اتجاه سريان الالكترونات عبر السلك الخارجي واتجاه حركة الايونات عبر الجسر الملحي المملوء بمحلول KNO_3

الاجوبة

أ) تفاعلات نصفي الخلية ستكون كالاتي

نصف تفاعل التأكسد / الانود $Cu \longrightarrow Cu^{+2} + 2e^-$

نصف تفاعل الاختزال كاثود $2Ag^+ + 2e^- \longrightarrow 2Ag$

ب) تسري الالكترونات عبر السلك الخارجي منطلقة من الانود قطب النحاس باتجاه الكاثود قطب الفضة بينما تتحرك الايونات الموجبة K^+ عبر الجسر الملحي باتجاه القطب السالب الكاثود والايونات السالبة NO_3^- باتجاه القطب الموجب الانود

4-7 جهد الخلية ا الكلفانية

***جهد القطب** : هو فرق الجهد الحاصل بين لوح العنصر ومحلول ايوناته ويقسم الى*

***١- جهد التأكسد** : مقدار ميل المادة نحو فقدان الالكترونات.*

***٢- جهد الاختزال** : مقدار ميل المادة نحو اكتساب الالكترونات.*

علل / لماذا يسري التيار الكهربائي من الانود باتجاه الكاثود؟

الجواب / بسبب الفرق بين الجهد الكهربائي للقطبين ويعرف بالقوة الدافعة الكهربائية

القوة الدافعة الكهربائية(emf): هو اكبر قيمة لفرق الجهد بين قطبي الانود والكاثود اي هي مقياس للجهد وليس القوة

- **يقاس مقياس الجهد بمقياس يدعى الفولتيميتر.**

يرمز لجهد الخلية E_{cell} تعني خلية □

جهد التأكسد E_{Ox} او جهد الانود E_{anode}

جهد الاختزال E_{Red} او جهد الكاثود $E_{cathode}$

ومن تعريف جهد الخلية يساوي المجموع الجبري لجهدي التأكسد والاختزال اي

$$E_{cell} = E_{Ox} + E_{red}$$

او $$E_{cell} = E_{anode} + E_{cathode}$$

وعند الظروف القياسية 25C° وضغط 1atm وتراكيز الايونات 1M فأن جهد الخلية القياسي = □

$$E°_{cell} = E°_{anode} + E°_{cathode}$$

- ان قياس جهد الخلية القياسي يتطلب قياس جهود اقطاب التأكسد والاختزال تحت الظروف القياسية وهذا الامر يتطلب وجود مرجع لقياس جهود الاقطاب القياسية ومنها الهيدروجين.

قطب الهيدروجين القياسي

تم اختياره كقطب مرجع لانه جهده القياسي معلوم = صفر وهو ذو نشاط كيميائي متوسط بين العناصر يمكن استخدامه مرة كقطب انود ومرة كقطب كاثود لاحظ المعادلتين ادناه.

$H_{2(g)} \longrightarrow 2H^+_{(aq)} + 2e^-$ $E°_{anode} = 0\ V$

$2H^+_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow H_2$ $E°_{cathode} = 0\ V$

س/ صف قطب الهيدروجين القياسي (SHE)؟

ج / يتكون من انبوبة زجاجية يمرر بها غاز الهيدروجين على شكل فقاعات عند ضغط 1atm وحرارة 25C° في محلول يحتوي ايونات H^+ مثل HCl بتركيز 1M. وتحتوي الانبوبة في اسفلها على قطعة بلاتين مغطاة بطبقة خشنة من البلاتين متصلة بسلك من البلاتين.

علل/ لماذا يستخدم البلاتين في صنع قطب الهيدروجين القياسي؟

ج/ لانه مادة خاملة لا تعاني تأكسد واختزال وايضا يقوم بمهمتين

1. ***توفير سطح للقطب يمكن تفكك جزئيات الهيدروجين عليه.***
2. ***توفير وسيلة لحدوث توصيل كهربائي مع الدائرة الخارجية.***

جهود الاقطاب القياسية: يمكن استخدام قطب الهيدروجين لقياس الجهود القياسية للأقطاب الاخرى حيث يربط مع القطب الاخر لعمل خلية سيكون جهد الخلية القياسي مساويا للجهد القياسي لقطب العنصر + جهد قطب الهيدروجين القياسي الذي هو = صفر وعليه سيكون

جهد الخلية القياسي = الجهد القياسي لقطب العنصر

راجع ص 167 من الكتاب المقرر جدول جهود الاختزال القياسية للعناصر معبرا عنها بوحدة الفولت V

توضيح عملية قياس جهود الاقطاب القياسية باستخدام قطب الهيدروجين القياسي

نأخذ على سبيل المثال خلية مكونة من قطب الخارصين كأنود وقطب الهيدروجين كاثود

عند قياس الجهد الخلية القياسي لهذا الخلية سيكون وفق العلاقة التالية

$$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{anode} + E^{\circ}_{cathode}$$

وجد ان جهدها القياسي = +0.763 V وبما ان جهد الهيدروجين القياسي(SHE) =صفر فعليه جهد الانود = +0.763 وبما ان جهد الانود هو جهد تأكسد اي جهد التأكسد للخارصين = +0.763 V

وعليه يكون جهد الاختزال للخارصين = ـ 0.763 V وعليه مما سبق نستنتج ملاحظتين مهمتين جدا

١- ان جهد الانود المحسوب في العلاقة هو جهد التأكسد القياسي وليس جهد الاختزال.

٢- ان جهد التأكسد القياسي = ــ جهد الاختزال القياسي وعليه وبما انه دائما سيعطي في الاسئلة جهد اختزال يجب ان تقلب اشارة الانود حتى تتحول الى قيمة جهد التأكسد القياسي

ملاحظات عن حساب الجهد الخلية القياسي.

عند حساب جهد الخلية القياسي يجب مراعاة النقاط الاتية

١- يتم اختيار الانود والكاثود حسب المعادلة او التعبير العام للخلية(تأتي لاحقا) او حسب الرسم او حسب مصطلحات معينة في حالة عدم توفر هذه النقاط الاربعة يعتمد على جهود الاختزال حيث الاكبر كاثود والاصغر انود

٢- يجب ان يكون عدد الالكترونات المفقودة عند قطب الانود مساوية لعدد الالكترونات المكتسبة عند الانود في حالة انها غير متساوية يجب جعلها متساوية بضرب طرفي المعادلة او احد طرفيها برقم معين مناسب للمساواة مع مراعاة انه جهدي الاختزال التأكسد غير مشمول بعملية الضرب.(لانها من الخواص المركزة التي لا تعتمد على الكمية)

لاحظ المعادلتين ادناه

$I_2 + 2e^- \longrightarrow 2I^-$ $E_{cathode} = 0.53$ V

$2I_2 + 4e^- \longrightarrow 4I^-$ $E_{cathode} = 0.53$ V

٣- تفاعلات نصفي الخلية هي تفاعلات انعكاسية حيث يمكن لأي قطب ان يعمل مرة كاثود مرة انود

٤- لاستخراج قيمة جهد الخلية القياسي نكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الاقطاب ونكتب امامها جهودها القياسية التأكسد للانود والاختزال للكاثود ثم نطبق العلاقة التالية

$$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{anode} + E^{\circ}_{cathode}$$

عكس ΔG

٥- اذا كانت قيمة جهد الخلية موجب نقول تفاعلات الخلية تلقائية اما اذا كانت سالبة نقول غير تلقائية.

مثال (4-5) اكتب تفاعلات نصفي خلية دانيال وتفاعلها العام واحسب جهد اختزالها القياسي اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية لها

$E_{Zn^{+2}/Zn} = -0.76$ V $E_{Cu^{+2}/Cu} = +0.34$ V

الحل/ نختار قطب الخارصين انود لانه يملك اقل جهد

$Zn \longrightarrow Zn^{+2} + 2e^-$ $E_{anode} = +0.76$ V

$Cu^{+2} + 2e^- \longrightarrow Cu$ $E_{cathode} = +0.34$ V

$Zn + Cu^{+2} \longrightarrow Zn^{+2} + Cu$ التفاعل العام للخلية

$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{anode} + E^{\circ}_{cathode}$

$E^{\circ}_{cell} = (+0.76) + (+0.34) = +1.1$ V

تمرين(4-5) احسب جهد خلية قياسي تم عملها من قطب الكروم المغمور في 1M من نترات الكروم وقطب الكادميوم المغمور في 1M من نترته؟

$E_{Cd^{+2}/Cd} = -0.40$ V $E_{Cr^{+2}/Cr} = -0.74$ V

الحل/ نختار قطب الكروم انود لانه يملك اقل جهد

$Cr \longrightarrow Cr^{+2} + 2e^-$ $E_{anode} = +0.74$ V

$Cd^{+2} + 2e^- \longrightarrow Cd$ $E_{cathode} = -0.40$ V

$Cr + Cd^{+2} \longrightarrow Cr^{+2} + Cd$ التفاعل العام للخلية

$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{anode} + E^{\circ}_{cathode}$

$E^{\circ}_{cell} = (+0.74) + (-0.40) = +0.34$ V

تمرين(4-5) هل يمكن حدوث كل من تفاعلات التأكسد والاختزال الممثلة بالمعادلات ادناه تحت الظروف القياسية بشكل تلقائي اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية؟

$E_{Co^{+2}/Co} = -0.28\ V$ $E_{Ni^{+2}/Ni} = -0.25\ V$ $E_{Fe^{+2}/Fe} = -0.44\ V$ $E_{Au^{+3}/Au} = +1.50\ V$

1) $Ni_{(s)} + Co^{+2}_{(aq)} \longrightarrow Ni^{+2}_{(aq)} + Co_{(s)}$

واضح من المعادلة ان النيكل هو الانود والكوبلت هو الكاثود وعليه ستكون معادلتي نصف الخلية كالاتي

$Ni \longrightarrow Ni^{+2} + 2e^-$ $E_{anode} = +0.25\ V$

$Co^{+2} + 2e^- \longrightarrow Co$ $E_{cathode} = -0.28\ V$

$Ni + CO^{+2} \longrightarrow Ni^{+2} + CO$ التفاعل العام للخلية

$E^\circ_{cell} = E^\circ_{anode} + E^\circ_{cathode}$

$E^\circ_{cell} = (+0.25) + (-0.28) = -0.03\ V$ التفاعل غير تلقائي لان الاشارة سالبة

2) $2Au^{+3}_{(aq)} + 3Fe_{(s)} \longrightarrow 2Au_{(s)} + 3Fe^{+2}_{(aq)}$

واضح من المعادلة ان الحديد هو الانود والذهب هو الكاثود وعليه ستكون معادلتي نصف الخلية كالاتي

$3Fe \longrightarrow 3Fe^{+2} + 6e^-$ $E_{anode} = +0.44\ V$

$2Au^{+3} + 6e^- \longrightarrow 2Au$ $E_{cathode} = +1.50\ V$

$2Au^{+3}_{(aq)} + 3Fe_{(s)} \longrightarrow 2Au_{(s)} + 3Fe^{+2}_{(aq)}$ التفاعل العام للخلية

$E^\circ_{cell} = E^\circ_{anode} + E^\circ_{cathode}$

$E^\circ_{cell} = (+0.44) + (+1.50) = +1.94\ V$ التفاعل تلقائي لان الاشارة موجبة

انواع الاقطاب

١- **قطب الفلز / ايون الفلز** يتكون هذا النوع من غمر لوح الفلز في محلول ايوناته مثال ذلك قطب الخارصين المغمور في ايونات كبريتات الخارصين Zn/Zn^+ وتكون تفاعلاته بالصورة التالية

$Zn \longrightarrow Zn^{+2} + 2e^-$ anode

$Zn^{+2} + 2e^- \longrightarrow Zn$ cathode

٢- **القطب الغازي** يتكون هذا النوع من ضخ غاز خلال انبوبة زجاجية بضغط معين داخل محلول يحتوي ايونات لذلك الغاز ويكون الغاز غير موصل لذا يستخدم عادة سلك من البلاتين مثبت في الانبوبة الزجاجية يعمل **كسطح موصل للتيار الكهربائي** مثال ذلك ضخ غاز الهيدروجين بضغط (1atm) في محلول يحتوي ايونات الهيدروجين مثل HCl ويكون كقطب انود

$H_{2(g)} \longrightarrow 2H^+ + 2e^-$ anode

او ضخ غاز الكلور في محلول يحتوي ايوناته مثل HCl

$Cl_2 + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-$ cathode

٣- **أقطاب التأكسد والاختزال** يتكون هذا النوع من غمر سلك من البلاتين او عمود من الكرافيت في محلول يحتوي ايونات عنصر له حالتي تاكسد مختلفتين مثل Fe^{+2}, Fe^{+3} او Sn^{+2}, Sn^{+4}

$Fe^{+2} \longrightarrow Fe^{+3} + e^-$ anode

$Sn^{+4} + 2e^- \longrightarrow Sn^{+2}$ cathode

التعبير عن الخلية الكلفانية كتابة

ا) التعبير عن قطب فلز / ايون فلز

أ ــ اذا كان كاثود بالصورة التالية

رمز الفلز / (تركيزه المولاري) رمز ايون الفلز

$Zn^{+2}_{(aq)} + 2e^{-} \longrightarrow Zn_{(s)}$ لاحظ تفاعل نصف الخلية الاتي لقطب الكاثود

سيكون التعبير كالاتي $Zn^{+2}(1M) \mid Zn$

ب ــ اذا كان انود بالصورة التالية

رمز الفلز | رمز أيون الفلز(تركيزه المولاري)

$Zn_{(s)} \longrightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + 2e^{-}$ لاحظ تفاعل نصف الخلية الاتي لقطب الانود

سيكون التعبير كالاتي $Zn \mid Zn^{+2}(1M)$

ب) التعبير عن القطب الغازي

أ – اذا كان كاثود بالصورة التالية

رمز ايون الغاز (تركيزه المولاري) | رمز الغاز(1atm) | Pt

$2H^{+}_{(aq)} + 2e^{-} \longrightarrow H_{2(g)}$ لاحظ تفاعل نصف الخلية الاتي لقطب الكاثود

سيكون التعبير كالاتي $H^{+}(1M) \mid H_2(1atm) \mid Pt$

ب ــ اذا كان انود بالصورة التالية

Pt | رمز الغاز(1atm) | رمز ايون الغاز(تركيزه المولاري)

$H_{2(g)} \longrightarrow 2H^{+}_{(aq)} + 2e^{-}$ لاحظ تفاعل نصف الخلية الاتي لقطب الانود

سيكون التعبير كالاتي $Pt \mid H_2(1atm) \mid H^{+}(1M)$

ج) التعبير عن أقطاب التأكسد والاختزال

$Fe^{+2}_{(aq)} \longrightarrow Fe^{+3}_{(aq)} + e^{-}$ لاحظ تفاعل نصف الخلية الاتي لقطب الانود

سيكون التعبير كالاتي $Pt \mid Fe^{+2}(1M);Fe^{+3}(1M)$

ان الخط العمودي | يمثل حد الطور اي الحد الفاصل بين الفلز او الغاز وايوناته لذا في النوع الثالث وضع الرمز ؛ لانهما من نفس الطور.

والان كيفية كتابة التعبير العام للخلية

تكتب بعد تحديد قطبي الانود والكاثود ومن اي نوع من الانواع الثلاث وتكتب بالصورة التالية

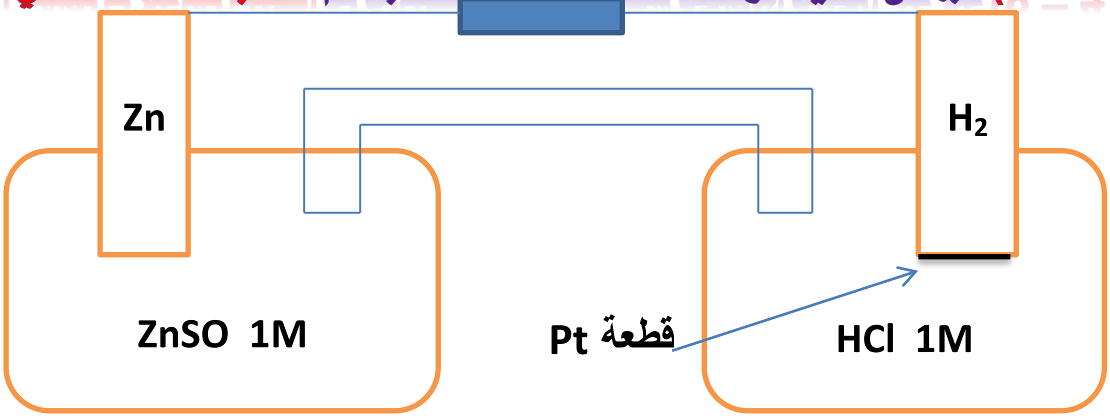
تعبير قطب الانود || تعبير قطب الكاثود

علي سبيل المثال تفاعل خلية دانيال الاتية

$Zn_{(s)} + Cu^{+2}_{(aq)} \longrightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + Cu_{(s)}$

$Zn \mid Zn^{+2}(1M) \parallel Cu^{+2}(1M) \mid Cu$

مثال (4 – 6) عبر عن الخلية الموضحة شكلها بالرسم كتابة ثم اكتب تفاعلات نصفي الخلية.



قطب الخارصين — قطب الهيدروجين

الحـــــل/ تفاعلات نصفي الخلية

تفاعل تأكسد انود: $Zn_{(s)} \longrightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + 2e^-$

تفاعل اختزال كاثود: $2H^+_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow H_{2(g)}$

التفاعل العام للخلية: $Zn_{(s)} + 2H^+_{(aq)} \longrightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + H_{2(g)}$

التعبير عن الخلية: $Zn \mid Zn^{+2}(1M) \parallel H^+(1M) \mid H_2(1atm) \mid Pt$

ملاحظات حسابية قبل الدخول الى حل مسائل فرق جهد الخلية الكلفانية

١- حينما يكون السؤال حول هل يمكن اذابة فلز من قبل محلول او فلز يجب ان يكون جهد الخلية موجبا لنقول يمكن واذا كان سالب نقول لا يمكن مع (مراعاة جعل الفلز المراد اذابته قطب انود)

$X \longrightarrow X^+ + e^-$

٢- حينما يقول هل يتحرر غاز الهيدروجين هنا يجب ان يكون كاثود $2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_{2(g)}$

٣- حينما يقول هل يزداد تركيز الهيدروجين هنا يجب ان يكون انود $H_2 \longrightarrow 2H^+ + 2e^-$

٤- حينما يقول هل يتحرر غاز الاوكسجين او الكلور او اي غاز ايوناته سالبة تكون هنا الايونات انود

$2O^{-2} \longrightarrow O_2 + 4e^-$ او $2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e$

٥- حينما يقول هل يمكن حفظ مادة في مادة أخرى هنا يجب اثبات جهد الخلية سالب (لماذا؟)

٦- المادة الافضل عامل مؤكسد هي المادة التي تعاني الاكثر اختزالا والعكس صحيح.

٧- حينما يقول هل يمكن حفظ مادة في اناء معين هنا يجب اثبات جهد الخلية سالب لنقول يمكن الحفظ وتذكر الاناء دائما انود

الامثلة والتمارين ومسائل الفصل الخاصة بمواضيع فرق جهد الخلية الكلفانية

تمرين (4-7) التفاعل العام لخلية كلفانية

$$Cl_{2(g)} + 2Ag_{(s)} \longrightarrow 2Cl^-_{(aq)} + 2Ag^+_{(aq)}$$

عبر عن الخلية كتابة ثم أكتب تفاعلي التأكسد والاختزال

التعبير عن الخلية: $Ag \mid Ag^+(1M) \parallel Cl^-(1M) \mid Cl_2(1atm) \mid Pt$

تفاعلات نصفي الخلية

تفاعل تأكسد انود: $2Ag_{(s)} \longrightarrow 2Ag^+_{(aq)} + 2e^-$

تفاعل اختزال كاثود: $Cl_{2(g)} + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-$

تمرين (4-8) هل بإمكان محلول HCl اذابة فلز الفضة الموجود في محلول يحتوي ايون Ag^{+} بتركيز (1M) للخلية المعبر عنها كتابة علما ان $E_{Ag^{+}/Ag} = +0.8\ V$

$Ag \mid Ag^{+}(1M) \parallel H^{+}(1M) \mid H_2(1atm) \mid Pt$

الحـل / من التعبير العام للخلية واضح ان الفضة انود والهيدروجين كاثود وعليه ستكون تفاعلات نصفي الخلية كالاتي

$2Ag_{(s)} \longrightarrow 2Ag^{+}_{(aq)} + 2e^{-}$ $\quad E_{anode} = -0.80\ V$

$2H^{+}_{(aq)} + 2e^{-} \longrightarrow H_{2\,(g)}$ $\quad E_{canthde} = 0\ V$

$2Ag_{(s)} + 2H^{+}_{(aq)} \longrightarrow 2Ag^{+}_{(aq)} + H_{2(g)}$ التفاعل العام للخلية

$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{anode} + E^{\circ}_{cathode}$

$E^{\circ}_{cell} = (-0.80) + (0) = -0.80\ V$ التفاعل غير تلقائي لان الاشارة سالبة

وعليه لا يمكن اذابة فلز الفضة لان الخلية لم تعمل بشكل تلقائي.

سؤال (4-3) من اسئلة الفصل / اي من المواد في الازواج التالية الافضل عامل مؤكسد اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية لها *(تذكر المادة الافضل عامل مؤكسد هي الاكبر جهد اختزال)*

$E_{Ag^{+}/Ag} = +0.8$, $E_{Cr^{+3}/Cr} = -0.74V$, $E_{Cd^{+2}/Cd} = -0.4V$, $E_{Au^{+3}/Au} = +1.5V$, $E_{Br_2/Br^{-}} = +1.07V$

أ) Br_2 ام Au^{+3} الجواب / Au^{+3} لان جهده الاختزالي اكبر.

ب) H_2 ام Ag^{+} الجواب / Ag^{+} لان جهده الاختزالي اكبر.

ج) Cd^{+2} ام Cr^{+3} الجواب / Cd^{+} لان جهده الاختزالي اكبر.

سؤال (4-13) من اسئلة الفصل / هل يجري تفاعل الخلية المعبر عنها ادناه تلقائيا ام لا اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية لها $E_{Fe^{+3}/Fe^{+2}} = +0.77$ $\quad E_{Br_2/Br^{-}} = +1.07V$,

$Pt \mid Fe^{+2}(1M)\ ;\ Fe^{+3}(1M) \parallel Br^{-}(1M) \mid Br_2(1atm) \mid Pt$

الحـــــــل/ من التعبير العام للخلية واضح ان ايون الحديد هو الانود والبروم هو الكاثود

$2Fe^{+2}_{(aq)} \longrightarrow 2Fe^{+3}_{(aq)} + 2e^{-}$ $\quad E_{anode} = -0.77\ V$

$Br_{2(g)} + 2e^{-} \longrightarrow 2Br^{-}_{(aq)}$ $\quad E_{canthde} = +1.07\ V$

$2Fe^{+2}_{(s)} + Br_{2(g)} \longrightarrow 2Fe^{+3}_{(aq)} + 2Br^{-}_{(aq)}$ التفاعل العام للخلية

$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{anode} + E^{\circ}_{cathode}$

$E^{\circ}_{cell} = (-0.77) + (+1.07) = +0.30\ V$ التفاعل تلقائي لان الاشارة موجبة

سؤال (4-12) من اسئلة الفصل / بين ايهما يحرر الهيدروجين الالمنيوم ام الذهب عند تفاعلهما مع الحوامض المخففة علما ان $E_{Al^{+3}/Al} = -1.66$ $\quad E_{Au^{+3}/Au} = +1.5V$

الحـــــل / لكي يتحرر الهيدروجين يجب ان يكون كاثود ويجب ان يكون جهد الخلية موجبا وبما انه كاثود فيجب ان نختار قطب جهد اختزاله سالب لان سيكون انود وتنقلب اشارته لذا نختار الالمنيوم

$2Al_{(s)} \longrightarrow 2Al^{3+}_{(aq)} + 6e^{-}$ $\quad E_{anode} = +1.66\ V$

$6H^{+}_{(aq)} + 6e^{-} \longrightarrow 3H_{2\,(g)}$ $\quad E_{canthde} = 0\ V$

$2Al_{(s)} + 6H^{+}_{(aq)} \longrightarrow 2Al^{+3}_{(aq)} + 3H_{2(g)}$ التفاعل العام للخلية

$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{anode} + E^{\circ}_{cathode}$

$E^{\circ}_{cell} = (+1.66) + (0) = +1.66\ V$ التفاعل تلقائي اي يتحرر غاز الهيدروجين

سؤال (4-16) من اسئلة الفصل / هل يمكن حفظ محلول ملح الطعام في اناء من النحاس.

((تذكر قبل الحل الاناء هو الانود والمادة مطلوب حفظها كاثود ويجب ان يكون جهد الخلية سالبا حتى لا يحدث تفاعل))

$E_{Cu^{+2}/Cu}=+0.34 \quad E_{Na^{+}/Na}=-2.70$

$Cu \longrightarrow Cu^{+2} + 2e^{-} \qquad E_{anode} = -0.34\ V$

$2Na^{+} + 2e^{-} \longrightarrow 2Na \qquad E_{cathode} = -2.70\ V$

$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{anode} + E^{\circ}_{cathode}$

$E^{\circ}_{cell} = (-0.34) + (-2.70) = +3.04\ V$

☐ الاشارة سالبة لا يحصل تفاعل وبالتالي يصلح الاناء لحفظ محلول ملح الطعام

سؤال (4-17) / هل يمكن حفظ محلول كبريتات النحاس $CuSO_4$ في اناء من النيكل.

$E_{Cu^{+2}/Cu}=+0.34 \quad E_{Ni^{+2}/Ni}=-0.24$ (واجب)

سؤال (4-28) / للخلية الاتية

$Al \mid Al^{+3}(1M) \parallel Cd^{+2}(1M) \mid Cd$

اذا علمت ان جهد الخلية القياسي = (1.26 V) وجهد الاختزال القياسي للكادميوم = -0.4V احسب جهد الاختزال القياسي للالمنيوم.

الحـــــل/واضح من تعبير الخلية ان الالمنيوم انود والكادميوم كاثود وعليه معادلات الخلية

$2Al_{(s)} \longrightarrow 2Al^{3+}_{(aq)} + 6e^{-} \qquad E_{anode} = ?\ V$

$3Cd^{+2}_{(aq)} + 6e^{-} \longrightarrow 3Cd_{(s)} \qquad E_{canthde} = -0.4V$

$2Al_{(s)} + 3Cd^{+2}_{(aq)} \longrightarrow 2Al^{+3}_{(aq)} + 3Cd$ التفاعل العام للخلية

$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{anode} + E^{\circ}_{cathode}$

$1.26 = (X) + (-0.4)$

$(X) = (1.26) + (+0.4) = +1.66\ V$ جهد تأكسد الالمنيوم

وعليه جهد اختزال الالمنيوم = - جهد تأكسد الالمنيوم = -1.66 V

مثال اضافي١ / هل يحدث التفاعل التالي بصورة تلقائية في الظروف القياسية

$E_{Cr^{+3}/Cr} = -0.74$ $E_{Zn^{+2}/Zn} = -0.76$

$$2Cr_{(s)} + 3Zn^{+2}_{(ag)} \longrightarrow 2Cr^{+3}_{(aq)} + 3Zn_{(s)}$$

العلاقة بين جهد الخلية E_{cell} وطاقة كبس الحرة ΔG وثابت الاتزان K_{eq}

$\Delta G = -nFE_{cell} \longrightarrow 1$ لخلية غير قياسية

$\Delta G^\circ = -nFE^\circ_{cell} \longrightarrow 2$ لخلية قياسية

$\Delta G^\circ = -RTLnK_{eq} \longrightarrow 3$ عند الاتزان

وعند التعويض عن قيمة ΔG° معادلة 2 مع معادلة 3 نحصل على

$-nFE^\circ_{cell} = -RTLnK_{eq} \longrightarrow 4$

$E^\circ_{cell} = \frac{RT}{nF} LnK_{eq} \longrightarrow 5$

وعند حرارة (298K) وقيمة R=8.314J/K.mol وقيمة F=96500C/mol

تصبح المعادلة بالصورة التالية

$$E^\circ_{cell} = \frac{8.314\ J/mol.K \times 298K}{n\ 96500\ C/mol} LnK_{eq}$$

$E^\circ_{cell} = \frac{0.026\ V}{n} LnK_{eq} \longrightarrow 6$

F الفاراداي هي الشحنة الكلية لمول واحد من الالكترونات وتساوي
96500 C / mol

الطاقة الكهربائية J = جهد الخلية V × الشحنة الكلية C وعليـــــــه
1J = 1 V × 1C
اي ان 1V = 1J / 1C

n هي عدد المولات التي تم حذفها عند جمع تفاعلات نصفي الخلية لذا يجب التأكد انها متساوية

R هي قيمة ثابتة = 8.314 J/ K. mol

ملاحظات ١- يكون التفاعل تلقائي عندما تكون قيمة E_{cell} موجبة و ΔG سالبة
٢- لاحظ انه بتعويض معادلة رقم 6 اصبحت الوحدة V لان v = J/C
٣- ΔG و ΔG° يجب ان يكونان بوحدة الجول لان R وحدتها J/K.mol

الامثلة والتمارين ومسائل الفصل الخاصة بالعلاقة بين جهد الخلية وطاقة كبس وثابت الاتزان

مثال (4-7) خلية كلفانية قياسية تفاعلها العام

$$2Ag^{+}_{(aq)} + Pb \longrightarrow 2Ag_{(s)} + Pb^{+2}$$

أحسب قيمة $\Delta G°$ وثابت الاتزان عند حرارة $25C°$ علما ان جهود الاختزال القياسية هي كالاتي

$E_{Pb^{+2}/Pb} = -0.13\ V$ $E_{Ag^{+}/Ag} = +0.8\ V$ ((علما ان $Ln\ 2.5 \times 10^{31} = 71.53$))

الحل/واضح من المعادلة ان الرصاص هو الانود والفضة هي الكاثود وعليه تفاعلات نصفي الخلية

$Pb_{(s)} \longrightarrow Pb^{+2}_{(aq)} + 2e^{-}$ $E_{anode} = +0.13\ V$

$2Ag^{+}_{(aq)} + 2e^{-} \longrightarrow 2Ag_{(s)}$ $E_{canthde} = +0.80\ V$

$Pb_{(s)} + 2Ag^{+}_{(ag)} \longrightarrow Pb^{+2}_{(aq)} + 2Ag_{(s)}$ التفاعل العام للخلية

$$E°_{cell} = E°_{anode} + E°_{cathode}$$

$$E°_{cell} = (+0.13) + (+0.80) = +0.93\ V$$

$$\Delta G° = -nFE°_{cell}$$

$$\Delta G° = -2 \times 96500C/mol \times 0.93\ J/C = -181420\ J/mol$$

لحساب ثابت الاتزان وبما ان التفاعل عند حرارة 25 C نستخدم هذه العلاقة

$$E°_{cell} = \frac{0.026\ V}{n} LnK_{eq}$$

$$0.93\ V = \frac{0.026\ V}{2} LnK_{eq}$$

$$LnK_{eq} = 0.93/0.013 = 71.53$$

$$LnK_{eq} = Ln\ 2.5 \times 10^{31}$$

$$K_{eq} = 2.5 \times 10^{31}$$

تمرين (4-9) احسب التغير في طاقة كبس الحرة القياسية لتفاعل الخلية عند $25C°$

$$3Hg_2^{+2}{}_{(aq)} + 2Cr \longrightarrow 6Hg_{(s)} + 2Cr^{+3}$$

علما ان جهود الاختزال القياسية هي كالاتي $E_{Hg_2^{+2}/Hg} = +0.85\ V$ $E_{Cr^{+2}/Cr} = -0.74\ V$

الحل/واضح من المعادلة ان الكروم هو الانود الزئبق هو الكاثود وعليه تفاعلات نصفي الخلية

$2Cr_{(s)} \longrightarrow 2Cr^{+3}_{(aq)} + 6e^{-}$ $E_{anode} = +0.74\ V$

$3Hg_2^{2+}{}_{(aq)} + 6e^{-} \longrightarrow 6Hg_{(s)}$ $E_{canthde} = +0.85\ V$

$2Cr_{(s)} + 3Hg_2^{+2}{}_{(ag)} \longrightarrow 2Cr^{+3}_{(aq)} + 6Hg_{(s)}$ التفاعل العام للخلية

$$E°_{cell} = E°_{anode} + E°_{cathode}$$

$$E°_{cell} = (+0.74) + (+0.85) = +1.59\ V$$

$$\Delta G° = -nFE°_{cell}$$

$$\Delta G° = -6 \times 96500C/mol \times 1.59\ J/C = -920610\ J/mol$$

تمرين (4-10) خلية كلفانية قياسية تفاعلها العام عند حرارة 25C°

$$2Fe^{+3}_{(aq)} + 2I^{-} \longrightarrow 2Fe^{+2}_{(aq)} + I_{2(g)}$$

اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية $E_{Fe^{+3}/Fe^{+2}} = +0.77\ V$ $E_{I_2/I^-} = +0.53\ V$

احسب ١) جهد الخلية القياسي ٢) طاقة كبس الحرة القياسية ٣) ثابت الاتزان $Ln1X10^{8} = 18.46$

الحل/ واضح من المعادلة ان اليود هو الانود والحديد هو الكاثود وعليه تفاعلات نصفي الخلية

$$2I^{-}_{(aq)} \longrightarrow I_{2\,(g)} + 2e^{-} \qquad E_{anode} = -0.53\ V$$

$$2Fe^{+3}_{(aq)} + 2e^{-} \longrightarrow 2Fe^{+2}_{(aq)} \qquad E_{canthde} = +0.77\ V$$

التفاعل العام للخلية

$$2I^{-}_{(s)} + 2Fe^{+3}_{(ag)} \longrightarrow I_{2(g)} + 2Fe^{+2}_{(aq)}$$

$$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{anode} + E^{\circ}_{cathode}$$

$$E^{\circ}_{cell} = (-0.53) + (+0.77) = +0.24\ V$$

$$\Delta G^{\circ} = -nFE^{\circ}_{cell}$$

$$\Delta G^{\circ} = -2 \times 96500 C/mol \times 0.24 J/C = -46320 J/mol$$

لحساب ثابت الاتزان وبما ان التفاعل عند حرارة 25 C نستخدم هذه العلاقة

$$E^{\circ}_{cell} = \frac{0.026\ V}{n} LnK_{eq}$$

$$0.24\ V = \frac{0.026\ V}{2} LnK_{eq}$$

$$LnK_{eq} = 0.24/0.013 = 18.46$$

$$\longrightarrow \cancel{Ln}K_{eq} = \cancel{Ln}\ 1 \times 10^{8}$$

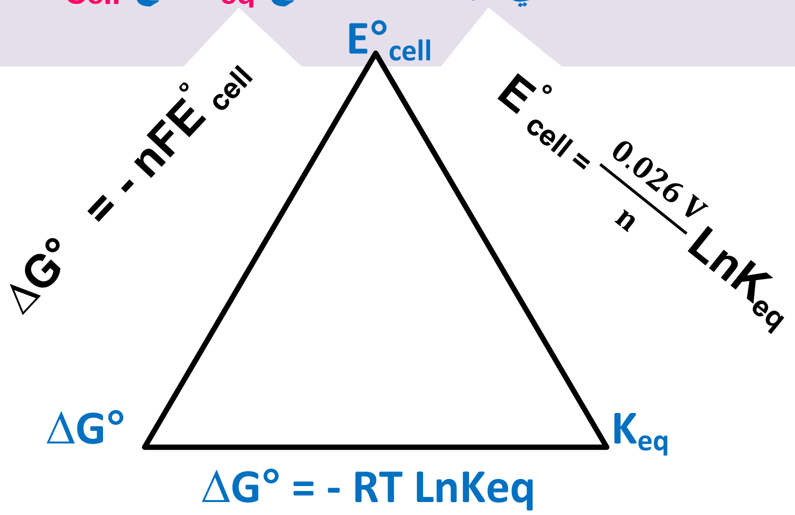
$$K_{eq} = 1 \times 10^{8}$$

سؤال (4-2) من اسئلة الفصل احسب ثابت فاراداي وبين وحداته؟

الجواب/ ثابت فاراداي هو شحنة مول واحد من الالكترونات والمول الواحد يحتوي على F عدد أفوكادرو NA اي الفاراداي الواحد = **حاصل ضرب شحنة الالكترون × عدد أفوكادرو**

$$F = 6.023 \times 10^{23} mol^{-} \times 1.6 \times 10^{-19} C = 9.65 \times 10^{4} = 96500\ C/mol$$

سؤال (4-4) من اسئلة الفصل اكتب العلاقات التي تربط ΔG° مع K_{eq} مع E°_{Cell} وعرف جميع الرموز التي تحتويها؟



تعريف الرموز

R = 8.314 J/K.mol

F= 96500 C/mol

T = درجة الحرارة المطلقة

n = عدد مولات الالكترونات التي يتم حذفها من المعادلة

سؤال (5-4) عند الظروف القياسية $25C^{\circ}$ وضغط 1atm اي تفاعل سيجري تلقائيا في محلول ايوني يحتوي على ايونات Ce^{+4} و Ce^{+3} و Fe^{+2} و Fe^{+3} ثم احسب ΔG° و K_{eq} لهذا التفاعل علما ان $E_{ce^{+4}/ce^{+3}} = +1.61\ V$ $E_{Fe^{+3}/Fe^{+2}} = +0.77\ V$ $Ln1.1X10^{14} = 32.3$

الجواب/ لنضمن تلقائية التفاعل نختار اعلى جهد اختزال ليكون كاثود واقل جهد اختزال ليكون أنود وعليه ستكون تفاعلات نصفي الخلية بالصورة التالية

$Fe^{+2}_{(aq)} \longrightarrow Fe^{+3}_{(aq)} + e^{-}$ $\quad E_{anode} = -0.77\ V$

$Ce^{+4}_{(aq)} + e^{-} \longrightarrow Ce^{+3}_{(aq)}$ $\quad E_{canthde} = +1.61\ V$

$Fe^{+2}_{(aq)} + Ce^{+4}_{(ag)} \longrightarrow Fe^{+3}_{(aq)} + Ce^{+3}_{(aq)}$ التفاعل العام للخلية

$$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{anode} + E^{\circ}_{cathode}$$

$$E^{\circ}_{cell} = (-0.77) + (+1.61) = +0.84\ V$$

$$\Delta G^{\circ} = -nFE^{\circ}_{cell}$$

$$\Delta G^{\circ} = -1 \times 96500C/mol \times 0.84\ J/C = -81060\ J/mol$$

لحساب ثابت الاتزان وبما ان التفاعل عند حرارة 25 C نستخدم هذه العلاقة

$$E^{\circ}_{cell} = \frac{0.026\ V}{n} LnK_{eq}$$

$$0.84\ V = \frac{0.026\ V}{1} LnK_{eq}$$

$$LnK_{eq} = 0.84/0.026 = 32.46$$

$$\longrightarrow LnK_{eq} = Ln\ 1.1 \times 10^{14}$$

$$K_{eq} = 1.1 \times 10^{14}$$

سؤال (20-4) لماذا يجب ان يكون جهد الخلية موجبا

الجواب/ لان التفاعل يكون تلقائي عندما تكون قيمة ΔG° و ΔG قيمة سالبة وبما ان جهد الخلية يرتبط مع الطاقات الحرة بهذه العلاقات

$$\Delta G = -nFE_{cell}$$

$$\Delta G^{\circ} = -nFE^{\circ}_{cell}$$

لذا يجب ان يكون جهد الخلية موجبة حتى يكون قيم الطاقات الحرة سالبة

سؤال (37-4) أحسب ثابت الاتزان للتفاعل

$$Sn_{(s)} + Pb^{+2}_{(aq)} \longrightarrow Sn^{+2} + Pb_{(s)}$$

$E_{Sn^{+2}/Sn} = -0.14\ V$ $\quad E_{Pb^{+2}/Pb} = -0.13\ V$ (واجب ثابت الاتزان سيكون الناتج له = 2.16) اعتبر الحرارة 25c°

للفائدة
Ln2.16=0.77

اعتماد جهد الخلية E_{cell} على التركيز (معادلة نيرنست)

في التفاعلات السابقة اعتمدنا في تفاعلات التأكسد والاختزال على التراكيز المولارية التي قيمتها 1M لكن نحتاج الى التعامل مع تراكيز تختلف عن الواحد الصحيح لذا كان من الضروري ايجاد علاقة تربط بين جهد الخلية غير القياسي مع تراكيز مكونات الخلية

اشتقاق معادلة نيرنست

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT\ Ln\ Q \longrightarrow 1$$

$$\Delta G = -nFE_{cell} \longrightarrow 2$$

$$\Delta G^\circ = -nFE^\circ_{cell} \longrightarrow 3$$

وبتعويض المعادلات مع بعض يمكن الحصول على العلاقة التالية

$$-nFE_{cell} = -nFE^\circ_{cell} + RT\ Ln\ Q \longrightarrow 4$$

بقسمة المعادلة على $-nF$ نحصل على

$$E_{cell} = E^\circ_{cell} - \frac{RT}{nF} Ln\ Q \longrightarrow 5$$

تسمى معادلة رقم 5 بمعادلة نيرنست وهي تربط بين جهد الخلية غير القياسي وجهد الخلية القياسي

لاحظ انه حينما ستكون تراكيز جميع المواد المتفاعلة والناتجة = 1M ستكون قيمة Q =1 اي ان

LnQ= 0 وبالتالي سيكون الطرف الذي بعد السالب كله = 0 اي ان $E_{cell} = E^\circ_{cell}$

وعندما تكون درجة الحرارة 25C° وبالتعويض عن قيمة R وقيمة الفاراداي تصبح المعادلة

$$E_{cell} = E^\circ_{cell} - \frac{0.026\ V}{n} Ln\ Q \longrightarrow 6$$

وللتوضيح أكثر Q هو تراكيز المواد الناتجة على تراكيز المواد المتفاعلة مثلا لاحظ المعادلة

$$Zn_{(s)} + Cu^{+2}_{(aq)} \longrightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + Cu_{(s)}$$

ستكون معادلة نيرنست بالصورة التالية

$$E_{CELL} = E^\circ_{CELL} - \frac{0.026\ V}{n} LN \frac{[Zn^{+2}]}{[Cu^{+2}]}$$

لان عنصري النحاس والخارصين مواد صلبة تراكيزها المولارية 1M

ملاحظات/ ١ـ حينما نرى في السؤال تراكيز او يطلب تراكيز او حتى يطلب PH فالسؤال يحتاج الى معادلة نيرنست

٢ـ اذا لم يذكر حرارة في السؤال او ذكر الحرارة 25C سيكون الاعتماد على معادلة رقم 6 .

٣ـ حينما يريد جهد خلية غير قياسي طاقة كبس غير قياسية اي السؤال معادلة نيرنست.

٤ـ كما ذكرنا Q تعتمد فقط على الايونات ولا تعتمد على العناصر حتى لو كانت غازية.

٥ـ انتبه جيدا في حل السؤال وفرق بين الجهود وطاقة كبس الحرة القياسية وغير القياسية.

الامثلة والتمارين ومسائل الكتاب الخاصة بمعادلة نيرنست

مثال (8-4) احسب جهد الخلية E_{cell} عند حرارة 25C° للمعادلة التالية

$$2Ag^{+}_{(aq)} + Cu_{(s)} \longrightarrow 2Ag_{(s)} + Cu^{+2}_{(eq)}$$

اذا علمت ان تراكيز الايونات $[Cu^{+2}] = 0.01M$ $[Ag^{+}] = 0.01M$ وان جهود الاختزال القياسية

$E_{Cu^{+2}/Cu} = +0.34\ V$ $E_{Ag^{+}/Ag} = +0.80\ V$ وان $Ln\ 100 = 4.6$

الحـــل / واضح من المعادلة ان النحاس هو الانود والفضة هي الكاثود

$$Cu_{(s)} \longrightarrow Cu^{+2}_{(aq)} + 2e^{-} \qquad E_{anode} = -0.34\ V$$

$$2Ag^{+}_{(aq)} + 2e^{-} \longrightarrow 2Ag_{(s)} \qquad E_{canthde} = +0.80\ V$$

التفاعل العام للخلية

$$Cu_{(s)} + 2Ag^{+}_{(ag)} \longrightarrow Cu^{+2}_{(aq)} + 2Ag_{(s)}$$

$$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{anode} + E^{\circ}_{cathode}$$

$$E^{\circ}_{cell} = (-0.34) + (+0.80) = +0.46\ V$$

لحساب جهد الخلية غير القياسي نستخدم معادلة نيرنست

$$E_{cell} = E^{\circ}_{cell} - \frac{0.026\ V}{n} Ln \frac{[Cu^{+2}]}{[Ag^{+}]^{2}}$$

$$E_{cell} = 0.46\ v - \frac{0.026\ V}{2} Ln \frac{[0.01]}{[0.01]^{2}}$$

$$E_{cell} = 0.46\ V - \frac{0.026\ V}{2} Ln\ 100$$

$$E_{cell} = 0.46\ V - (0.013\ V \times 4.6)$$

$$E_{cell} = 0.46\ V - (0.06V) = 0.4\ V$$

سؤال (6-4) أكتب معادلة نيرنست وعرف جميع رموزها

الجواب / معادلة نيرنست هي تربط بين جهد الخلية غير القياسي وجهد الخلية القياسي

$$E_{cell} = E^{\circ}_{cell} - \frac{RT}{nF} Ln\ Q$$

وعندما تكون الحرارة 25C° اي 298 K تصبح العلاقة بالصورة الاتية

$$E_{cell} = E^{\circ}_{cell} - \frac{0.026\ V}{n} Ln\ Q$$

حيث R ثابت الغازات = 8.314 J/K.mol

T درجة الحرارة المطلقة وحدتها K

F ثابت فرادي = 96500 C/mol

n عدد الالكترونات التي يتم حذفها من طرفي المعادلة

تمرين (12-4) أحسب E_{cell} و $E°_{cell}$ و ΔG للخلية الاتية

$$Mg \mid Mg^{+2}(0.05M) \parallel Sn^{+2}(0.04M) \mid Sn$$

$E_{Sn^{+2}/Sn} = -0.14\ V$ $\quad E_{Mg^{+2}/Mg} = -2.37\ V$ وان $Ln\ 1.25 = 0.223$

الحـــــــل/ من التعبير العام للخلية المغنسيوم هو الانود والقصدير هو الكاثود وعليه المعادلات

$Mg_{(s)} \longrightarrow Mg^{+2}_{(aq)} + 2e^-$ $\quad E_{anode} = +2.37\ V$

$Sn^{+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Sn_{(s)}$ $\quad E_{canthde} = -0.14\ V$

$Mg_{(s)} + Sn^{+2}_{(ag)} \longrightarrow Mg^{+2}_{(aq)} + Sn_{(s)}$ التفاعل العام للخلية

$$E°_{cell} = E°_{anode} + E°_{cathode}$$

$$E°_{cell} = (+2.37) + (-0.14) = +2.23\ V$$

و لايجاد جهد الخلية غير القياسي نستخدم معادلة نيرنست

$$E_{cell} = E°_{cell} - \frac{0.026\ V}{n} Ln \frac{[Mg^{+2}]}{[Sn^{+2}]}$$

$$E_{cell} = 2.23\ V - \frac{0.026\ V}{2} Ln \frac{[0.05]}{[0.04]}$$

$$E_{cell} = 2.23\ V - \frac{0.026\ V}{2} Ln\ 1.25$$

$$E_{cell} = 2.23\ V - (0.013\ V \times 0.223)$$

$$E_{cell} = 2.230\ V - (0.003V) = 2.227\ V$$

$\Delta G = -nFE_{cell} \longrightarrow \Delta G = -2 \times 96500 C/mol \times 2.227 J/C = -429811 J/mol$

سؤال (7-4) من اسئلة الفصل أحسب E_{cell} و $E°_{cell}$ و ΔG للتفاعلات الخلايا التالية

2) $3Zn_{(s)} + 2Cr^{+3}_{(aq)} \longrightarrow 3Zn^{+2}_{(aq)} + 2Cr_{(s)}$

$Ln10^{-5} = -11.5$ $\quad [Cr^{+3}] = 0.01$ $\quad [Zn^{+2}] = 0.001$ $\quad E_{Cr^{+3}/Cr} = -0.74\ V$ $\quad E_{zn^{+2}/zn} = -0.76\ V$

الحـــل / واضح من المعادلة ان الخارصين هو الانود والكروم هو الانود وتفاعلات نصفي الخلية ستكون

$3Zn_{(s)} \longrightarrow 3Zn^{+2}_{(aq)} + 6e^-$ $\quad E_{anode} = +0.76\ V$

$2Cr^{+3}_{(aq)} + 6e^- \longrightarrow 2Cr_{(s)}$ $\quad E_{canthde} = -0.74\ V$

$3Zn_{(s)} + 2Cr^{+3}_{(ag)} \longrightarrow 3Zn^{+2}_{(aq)} + 2Cr_{(s)}$ التفاعل العام للخلية

ملاحظة
معادلة ١ من هذا السؤال هي نفس تمرين (12-4) لكن بدل اعطاء تعبير كانت معادلة والارقام والنواتج هي نفسها

$$E°_{cell} = E°_{anode} + E°_{cathode}$$

$$E°_{cell} = (+0.76) + (-0.74) = +0.02\ V$$

$$E_{cell} = E°_{cell} - \frac{0.026\ V}{n} Ln \frac{[Zn^{+2}]^3}{[Cr^{+3}]^2}$$

$$E_{cell} = 0.02 - \frac{0.026\ V}{6} Ln \frac{[0.001]^3}{[0.01]^2}$$

$$E_{cell} = 0.02\ V - \frac{0.026\ V}{6} Ln\ 1 \times 10^{-5}$$

$$E_{cell} = 0.02\ V - (0.0043\ V \times -11.5) = 0.02 + 0.05 = 0.07\ V$$

$\Delta G = -nFE_{cell} \longrightarrow \Delta G = -6 \times 96500 C/mol \times 0.07 J/C = -40530 J/mol$

سؤال (4-8) من اسئلة الفصل أحسب $E°_{cell}$ للخلية المكونة من نصفي التفاعل Zn/Zn^{+2} وSHE وكم سيكون E_{cell} اذا كان $[Zn^{+}]$ =0.45M $[H^{+}]$ =1.8M $E_{zn^{+2}/zn}$= - 0.76V

Ln0.138= -1.98

الحـــــل/ من جهود الاختزال القياسية سيكون الخارصين انود والهيدروجين كاثود ومعادلتي نصف الخلية

$$Zn_{(s)} \longrightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + 2e^{-} \qquad E_{anode} = +0.76\ V$$

$$2H^{+}_{(aq)} + 2e^{-} \longrightarrow H_{2\,(g)} \qquad E_{canthde} = 0\ V$$

التفاعل العام للخلية

$$Zn_{(s)} + 2H^{+}_{(aq)} \longrightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + H_{2(g)}$$

$$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{anode} + E^{\circ}_{cathode}$$

$$E^{\circ}_{cell} = (+0.76) + (0) = +0.76\ V$$

ولحساب E_{cell} نستخدم معادلة نيرنست

$$E_{cell} = E^{\circ}_{cell} - \frac{0.026\ V}{n} Ln \frac{[Zn^{+2}]}{[H^{+}]^{2}}$$

$$E_{cell} = 0.76 - \frac{0.026\ V}{2} Ln \frac{[0.45]}{[1.8]^{2}}$$

$$E_{cell} = 0.76\ V - \frac{0.026\ V}{2} Ln\ 0.138$$

$$E_{cell} = 0.76\ V - (0.013\ V \times -1.98)$$

$$E_{cell} = 0.760\ V + (0.026\ V) = 0.786\ V$$

ملاحظة/ من الممكن تطبيق معادلة نيرنست على معادلة من قطب واحد وليس خلية كاملة وايجاد تركيز ايوناته مع الانتباه الى المعلومات المعطاة في السؤال فاذا كانت جهود اختزال نعتبره كاثود .

سؤال (4-21) من اسئلة الفصل أحسب تركيز ايونات الخارصين في محلول قطب الخارصين اذا كان جهد اختزال الخارصين غير القياسي (-0.82 V) والقياسي (-0.76 V)

Ln100=4.6

الحـــــل/ بما انه اعطى جهد اختزال الخارصين القياسي نكتب معادلة جهد اختزاله اي كاثود

$$Zn^{+2}_{(aq)} + 2e- \longrightarrow Zn_{(s)} \qquad E°= -0.76$$

و لايجاد تركيز ايون الخارصين نستخدم معادلة نيرنست

$$E_{zn+2/Zn} = E^{\circ}_{zn+2/Zn} - \frac{0.026\ V}{n} Ln \frac{1}{[Zn^{+2}]}$$

$$-0.82 = -0.76 - \frac{0.026\ V}{2} Ln \frac{1}{[Zn^{+2}]}$$

$$-0.06 = -0.013\ Ln \frac{1}{[Zn^{+2}]}$$

$$Ln \frac{1}{[Zn^{+2}]} = \frac{-0.06}{-0.013}$$

$$Ln \frac{1}{[Zn^{+2}]} = 4.6$$

$$\cancel{Ln} \frac{1}{[Zn^{+2}]} = \cancel{Ln}100$$

$$[Zn^{+2}] = \frac{1}{100} = 0.01M$$

خطوات حل حساب اسئلة من قطب واحد

1. على الاغلب سيكون دائما قطب كاثود.
2. نكتب معادلة اختزال العنصر.
3. ننزل علاقة نيرنست لكن بدل كتابه Cell نكتب رمز العنصر بهيئة الاختزال هكذا $E_{X+/X}$
4. يحل السؤال بخطوات نيرنست الاعتيادية.
5. لاحظ الاسئلة اللاحقة.(واردة وزاريا) سؤال(4-21)(4-14)

سؤال (4 - 14) أحسب جهد قطب غاز H_2 في $25\ C^\circ$ وضغط 1atm علما ان PH محلوله الالكتروليتي = 1 ؟ Ln 100 = 4.6

الحــــــــــل / نستخرج تركيز H^+ من PH

$$[H^+] = 10^{-PH} = 10^{-1} = 0.1M$$

معادلة جهد اختزال الهيدروجين

$$2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$$

وعليه ستكون معادلة نيرنست بالصورة التالية

$$E_{H+/H} = E^\circ_{H+/H} - \frac{0.026\ V}{n} Ln \frac{[H_2]}{[H^+]^2}$$

$$E_{H+/H} = 0 - \frac{0.026\ V}{2} Ln \frac{[1]}{[0.01]}$$

$$E_{H+/H} = -0.013\ Ln\ 100$$

$$E_{H+/H} = -0.013 \times 4.6 = -0.0598\ V$$

انتبه جيدا
فقط جهد قطب الهيدروجين القياسي = صفر
اما غير القياسي فله قيمة تختلف عن الصفر

سؤال(4 -39) خفف محلول قطب الكاثود لخلية دانيال القياسي بالماء المقطر فانخفض جهد القطب بمقدار 0.0592 عن جهده القياسي احسب تركيز ايونات القطب حينئذ.؟ Ln100 =4.6

الحــــــــل/ قطب الكاثود في خلية دانيال هو قطب النحاس ومعادلة اختزاله هي

$$Cu^{+2} + 2e^- \longrightarrow Cu$$

بما ان جهد القطب غير القياسي يقل عن جهد القياسي بمقدار 0.0592 فنفرض

جهد القطب القياسي = X وعليه جهد القطب الغير القياسي = X – 0.0592

نطبق معادلة نيرنست لقطب واحد هو قطب النحاس لذا ستكون بالصورة التالية

$$E_{Cu^{+2}/Cu} = E^\circ_{Cu^{+2}/Cu} - \frac{0.026\ V}{n} Ln \frac{[Cu]}{[Cu^{+2}]}$$

$$X - 0.0592 = X - \frac{0.026\ V}{2} Ln \frac{[1]}{[Cu^{+2}]}$$

$$-X + X - 0.0592 = -0.013\ Ln \frac{[1]}{[Cu^{+2}]}$$

$$Ln \frac{[1]}{[Cu^{+2}]} = \frac{-0.0592}{-0.013}$$

$$Ln \frac{[1]}{[Cu^{+2}]} = 4.6$$

$$Ln \frac{[1]}{[Cu^{+2}]} = Ln\ 100$$

$$[Cu^{+2}] = \frac{1}{100} = 0.01\ M$$

سؤال (22-4) احسب جهد خلية دانيال اذا علمت ان تركيز كبريتات الخارصين 0.1M وتركيز كبريتات النحاس 0.01M وجهد اختزالها القياسي = 1.1 V

Ln10 = 2.3

الحـــــــــل/ معادلات خلية دانيال هي كالاتي

$$Zn_{(s)} \longrightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + 2e^-$$

$$Cu^{+2}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cu_{(s)}$$

$$Zn_{(s)} + Cu^{+2}_{(aq)} \longrightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + Cu_{(s)}$$ التفاعل العام للخلية

لحساب E_{cell} نستخدم معادلة نيرنست

$$E_{cell} = E°_{cell} - \frac{0.026\ V}{n} Ln \frac{[Zn^{+2}]}{[Cu^{+2}]}$$

$$E_{cell}\ 1.1 - \frac{0.026\ V}{n} Ln \frac{0.1}{0.01}$$

$$E_{cell} = 1.1\ V - \frac{0.026\ V}{2} Ln\ 10$$

$$E_{cell} = 1.1\ V - (0.013\ V \times 2.3)$$

$$E_{cell} = 1.1\ V - (0.03\ V) = 1.07\ V$$

سؤال (24-4) خلية كلفانية تفاعلها العام (واجب)

$$Cd_{(s)} + Cu^{+2}(0.01M) \longrightarrow Cd^{+2}(0.1M) + Cu_{(s)}$$

جهدها القياسي = (+ 0.74 V) احسب ΔG (الناتج = 137030-) للفائدة Ln10 =2.3

سؤال (4- 25) من اسئلة الفصل أحسب التغير في الطاقة الحرة ΔG للخلية الاتية

$$Mg \mid Mg^{+2}(1M) \parallel Br^{-}(0.1M) \mid Br_2(1atm) \mid Pt$$

$Ln\ 0.01 = -4.6$ وان $E_{Mg^{+2}/Mg} = -2.37\ V$ $E_{Br_2/Br^-} = +1.07\ V$

الحـــــــل/ من التعبير العام للخلية المغنسيوم هو الانود والبروم هو الكاثود

$$Mg_{(s)} \longrightarrow Mg^{+2}_{(aq)} + 2e^- \qquad E_{anode} = +2.37\ V$$

$$Br_{2\,(g)} + 2e^- \longrightarrow 2Br^-_{(aq)} \qquad E_{canthde} = +1.07\ V$$

$$Mg_{(s)} + Br_{2\,(g)} \longrightarrow Mg^{+2}_{(aq)} + 2Br^-_{(aq)} \quad \text{التفاعل العام للخلية}$$

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{anode} + E^\circ_{cathode}$$

$$E^\circ_{cell} = (+2.37) + (+1.07) = +3.44\ V$$

$$E_{cell} = E^\circ_{cell} - \frac{0.026\ V}{n} Ln\ [Mg^{+2}][Br^-]^2$$

$$E_{cell} = 3.44 - \frac{0.026\ V}{2} Ln\ [1][0.1]^2$$

$$E_{cell} = 3.44 - 0.013\,(Ln\ [1] + Ln[0.01])$$

$$E_{cell} = 3.44 - 0.013\,(-4.6)$$

$$E_{cell} = 3.44 + (0.06) = 3.5\ V$$

$$\Delta G = -nFE_{cell} \longrightarrow \Delta G = -2 \times 96500C/mol \times 3.5J/C = -675500J/mol$$

سؤال (4- 30) من اسئلة الفصل اذا علمت ان جهد الخلية غير القياسي للخلية الاتية

$$Sn \mid Sn^{+2}(?M) \parallel Ag^{+}(1M) \mid Ag$$

عند حرارة 25C° يساوي 0.9992 جد تركيز ايونات القصدير في محلول القطب علما ان

$Ln\ 0.01 = -0.46$ وان $E_{Ag^{+}/Ag} = +0.80\ V$ $E_{Sn^{+2}/Sn} = -0.14\ V$

الحل/ من التعبير العام ومن جهود الاقطاب القصدير انود والفضة كاثود وعليه تفاعلات نصفي الخلية

$$Sn_{(s)} \longrightarrow Sn^{+2}_{(aq)} + 2e^- \qquad E_{anode} = +0.14\ V$$

$$2Ag^{+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow 2Ag_{(s)} \qquad E_{canthde} = +0.8V$$

$$Sn_{(s)} + 2Ag^{+}_{(ag)} \longrightarrow Sn^{+2}_{(aq)} + 2Ag_{(s)} \quad \text{التفاعل العام للخلية}$$

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{anode} + E^\circ_{cathode}$$

$$E^\circ_{cell} = (+0.14) + (+0.80) = +0.94\ V$$

$$E_{cell} = E^\circ_{cell} - \frac{0.026\ V}{n} Ln \frac{[Sn^{+2}]}{[Ag^{+}]^2}$$

$$0.9992 = 0.94 - \frac{0.026\ V}{2} Ln \frac{[Sn^{+2}]}{[1]^2}$$

$$0.9992 - 0.9400 = -0.013\ Ln\ [Sn^{+2}]$$

$$Ln\ [Sn^{+2}] = \frac{0.0592}{-0.013}$$

$$Ln\ [Sn^{+2}] = -4.6$$

$$Ln\ [Sn^{+2}] = Ln\ 0.01 \longrightarrow [Sn^{+2}] = 0.01M$$

سؤال (4- 26) من اسئلة الفصل ما مقدار التغير في الطاقة الحرة في حرارة 25C° اذا علمت ان $K_{eq} = 2.3 \times 10^4$ والتفاعل العام للخلية

$Pb_{(s)} + 2H^+_{(aq)}(1M) \rightarrow Pb^{+2}_{(aq)}(0.01M) + H_{2(g)}$

الحـــــل / من المعادلة واضح ان الرصاص هو الانود والهيدروجين كاثود والمعادلات

Ln 2.3 =0.84 Ln0.01=-4.6

$Pb_{(s)} \rightarrow Pb^{+2}_{(aq)} + 2e^-$

$2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow H_2$

$Pb_{(s)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow Pb^{+2}_{(aq)} + H_{2(g)}$

$$E^\circ_{cell} = \frac{0.026\ V}{n} LnK_{eq}$$

$$E^\circ_{cell} = \frac{0.026\ V}{2} \times Ln2.3 \times 10^4$$

$$E^\circ_{cell} = 0.013\ V \times 10.04 = 0.13\ V$$

$Ln2.3 \times 10^4$
$= Ln2.3 + Ln10^4$
$= 0.84 + (4 \times 2.3)$
$= 0.84 + 9.20 = 10.04$

لحساب E_{cell} نستخدم معادلة نيرنست

$$E_{cell} = E^\circ_{cell} - \frac{0.026\ V}{n} Ln \frac{[Pb^{+2}]}{[H^+]^2}$$

$$E_{cell} = 0.13 - \frac{0.026\ V}{2} Ln \frac{0.01}{1}$$

$$E_{cell} = 0.13\ V - 0.013 X Ln\ 0.01$$

$$E_{cell} = 0.13\ V - (0.013\ V \times -4.6)$$

$$E_{cell} = 0.13\ V + (0.06\ V) = 0.19\ V$$

$\Delta G = -nFE_{cell}$ $\Delta G = -2 \times 96500 C/mol \times 0.19 J/C = -36670 J/mol$

سؤال (4- 27) من اسئلة الفصل / خلية فولتية في حرارة 25 C° تفاعلها العام

$Sn^{+2}_{(aq)} + Ni_{(s)} \rightarrow Sn_{(s)} + Ni^{+2}_{(aq)}$

اذا علمت ان جهدها الغير القياسي = (+0.17 V) أحسب تركيز ايونات النيكل علما ان قطب القصدير قياسية وان $E_{Sn^{+2}/Sn} = -0.14\ V$ وان $E_{Ni^{+2}/Ni} = -0.25\ V$ وان Ln 0.01 = -4.6

واجب / الجواب سيكون 0.01 M ملاحظة القطب القياسي تركيزه = 1M

الحـــــل /

سؤال (4- 29) من اسئلة الفصل / خلية كلفانية في حرارة 25 C° احد قطبيها هو الهيدروجين والاخر قطب النيكل تركيز ايوناته 0.01M أحسب الاس الهيدروجيني لمحلول قطب الهيدروجين علما ان مقدار الطاقة الحرة = 48.250 KJ/mol- وجهد اختزال قطب النيكل = 0.25V-؟

الحـــل/ نكتب تفاعلات نصفي الخلية حيث سيكون النيكل هو الانود لانه يملك اقل جهد اختزال

$$Ni_{(s)} \longrightarrow Ni^{+2}_{(aq)} + 2e^- \qquad E_{anode} = +0.25\ V$$

$$2H^+_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow H_{2\,(g)} \qquad E_{canthde} = 0\ V$$

التفاعل العام للخلية

$$Ni_{(s)} + 2H^+_{(aq)} \longrightarrow Ni^{+2}_{(aq)} + H_{2(g)}$$

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{anode} + E^\circ_{cathode}$$

$$E^\circ_{cell} = (+0.25) + (0) = +0.25\ V$$

نحسب جهد الخلية غير القياسي من هذه العلاقة $\Delta G = -nFE_{cell}$

$$\Delta G\ J/mol = -48.250\ KJ/mol \times 1000\ J/KJ = -48250\ J/mol$$

$$E_{cell} = \frac{\Delta G}{-nF} = \frac{-48250\ J/mol}{-2\ X\ 96500\ C/mol} = 0.25\ V$$

لايجاد تركيز H^+ نستخدم معادلة نيرنست

$$E_{cell} = E^\circ_{cell} - \frac{0.026\ V}{n} Ln \frac{[Ni^{+2}]}{[H^+]^2}$$

$$0.25 = 0.25 - \frac{0.026\ V}{2} Ln \frac{[0.01]}{[H^+]^2}$$

$$0 = -0.013\ Ln \frac{[0.01]}{[H^+]^2}$$

$$Ln \frac{[0.01]}{[H^+]^2} = \frac{0}{-0.013}$$

$$Ln \frac{[0.01]}{[H^+]^2} = 0$$

$$\cancel{Ln} \frac{[0.01]}{[H^+]^2} = \cancel{Ln}\, 1$$

$[H^+]^2 = 0.01$ وبالجذر التربيعي

$$[H^+] = 0.1\ M = 1\ X10^{-1} M$$

$$PH = -Log\ H^+$$

$$PH = -[Log\ 1\ X\ 10^{-1}]$$

$$PH = -[Log\ 1 + Log\ 10^{-1}]$$

$$PH = -(0 - 1)$$

$$PH = 1$$

سؤال (4-40) أذا علمت ان جهود الاختزال القياسية لـ $E^\circ_{Zn^{+2}/Zn} = -0.76V$ و $E^\circ_{Ag^{+1}/Ag} = 0.8V$

١- ماذا تتوقع اذا عملت خلية فولتائية تحتوي على لوحي الخارصين والفضة في محاليل من الكتروليتاتهم تركيز 1M اي من اللوحين تقل كتلته واي منه سوف تزداد ولماذا؟

ج/ من جهود الاختزال سيكون الخارصين انود والفضة كاثود وبذلك ستقل كتلة لوح الخارصين وتزداد كتلة لوح الفضة لانه عند اكتمال الدائرة الكهربائية للخلية ستفقد كل ذرة خارصين الكترونين لتعطي Zn^{+2} وينتقل الالكترونين عبر السلك الموصل الى ايون الفضة الذي يمثل الكاثود وبذلك يتأكل لوح الخارصين ويزداد سمك قطب الفضة وستكون المعادلات

$Zn_{(s)} \longrightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + 2e^-$ نصف تفاعل تأكسد

$2Ag^+_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow 2Ag_{(s)}$ نصف تفاعل اختزال

$Zn + 2Ag^+ \longrightarrow Zn^{+2} + 2Ag$ التفاعل العام للخلية

٢- ما قيمة الطاقة الحرة لخلية فولتائية متكونة من قطب الخارصين القياسي وقطب الفضة في محلول من ايونات الفضة تركيز 0.1 M   Ln100 =4.6

ج/ نكتب معادلة نصفي التفاعل والتفاعل العام لها

$Zn_{(s)} \longrightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + 2e^-$ $E_{anode} = +0.76$

$2Ag^+_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow 2Ag_{(s)}$ $E_{canthde} = +0.8$

$Zn + 2Ag^+ \longrightarrow Zn^{+2} + 2Ag$

$E^\circ_{cell} = E^\circ_{anode} + E^\circ_{cathode}$

$E^\circ_{cell} = 0.76 + 0.8 = 1.56\ V$

$$E_{cell} = E^\circ_{cell} - \frac{0.026\ V}{n} Ln \frac{[Zn^{+2}]}{[Ag^+]^2}$$

$$E_{cell} = 1.56 - \frac{0.026\ V}{2} Ln \frac{[1]}{[0.1]^2}$$

$$E_{cell} = 1.56 - (0.013 \times 4.6) = 1.5V$$

$$\Delta G = -nFE_{cell}$$

$$\Delta G = -2 \times 96500 \times 1.5 = -298500\ J$$

8-4 الخلايا الالكتروليتية

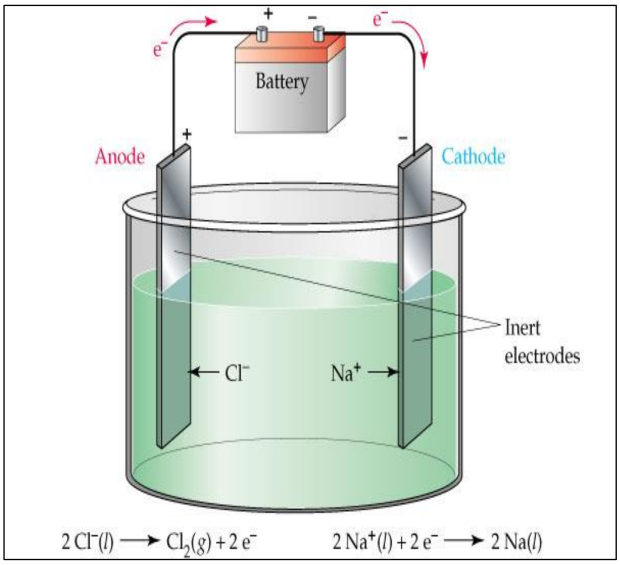
هي الخلايا المستهلكة للتيار الكهربائي وفيها تتحول الطاقة الكهربائية الى طاقة كيميائية وتجري تفاعلاتها بصورة غير تلقائية اي انه ΔG موجبة دائما.
ولها تطبيقات مهمة حيث تستخدم ١- في تنقية الفلزات ٢- عملية الطلاء الكهربائي.

التحليل الكهربائي:- هو العملية التي يتم فيها استخدام الطاقة الكهربائية لجعل تفاعل الخلية الالكتروليتية غير التلقائي يحدث

اهم انواع الخلايا الالكتروليتية

١- خلية التحليل الكهربائي لمنصهر كلوريد الصوديوم.

وتكون فيها الاقطاب مثل الكاربون او البلاتين مغمورة في منصهر كلوريد الصوديوم وعند حدوث عملية التحليل الكهربائي فان الاختزال يحدث على الكاثود حيث تختزل ايونات Na^+ مكونة فلز الصوديوم Na



$$Na^+ + e^- \longrightarrow Na$$

وعند الانود تحدث عملية التأكسد حيث تتأكسد ايونات Cl^- مكونة ذرات الكلور المتعادلة

$$2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e^-$$

ولموازنة الالكترونات نضرب نصف تفاعل الاختزال X 2 لحذف الالكترونات من طرفي المعادلة وبذلك تصبح تفاعلات نصفي الخلية

$$2Na^+ + 2e^- \longrightarrow 2Na$$
$$2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e^-$$
$$2Na^+ + 2Cl^- \longrightarrow 2Na + Cl_2$$

علل/ يجب ابقاء الصوديوم مفصولا عن الكلور

ج/ حتى لا يتفاعلا بشكل تلقائي لتكوين NaCl مرة ثانية.

٢- خلايا الطلاء الكهربائي.

الطلاء الكهربائي:- طريقة يستخدم بيها التحليل الكهربائي لطلاء فلز معين بطبقة رقيقة من فلز أخر ويستخدم لحماية المعادن من الصدأ.

س/ ما هو تركيب خلية الطلاء الكهربائي

١- **قطب الانود** : ويتكون من الفلز النقي المراد الطلاء به مثل الفضة النقية او الذهب النقي.
٢- **قطب الكاثود**: يتكون من السطح المراد طلائه مثل ملعقة الطعام او ما شابه.
٣- **محلول الخلية**:- يكون حاويا على احد املاح الفلز النقي المراد الطلاء به كنترات الفضة اذا كان الفلز فضة او نترات الذهب اذا كان الفلز ذهب.

- **مهم جدا جدا تعتمد جودة الطلاء الكهربائي على عاملين مهمين.**

١- شدة التيار الكهربائي المستخدم ضعيفة ٢- تركيز ايونات الفلز المراد الطلاء به قليل.

س 9 من اسئلة الفصل / ما الفرق بين خلية كلفانية (دانيال) وخلية التحليل الكهربائية.

	الخلية الكلفانية	خلية التحليل الكهربائية
١	تستخدم التفاعل الكيميائي للحصول على طاقة كهربائية.	تستخدم الطاقة الكهربائية للحصول على التفاعل الكيميائي.
٢	تفاعلاتها تلقائية $\Delta G = -$	تفاعلاتها غير تلقائية $\Delta G = +$
٣	يستخدم فيها جسر ملحي	لا يستخدم فيها جسر ملحي
٤	يكون فيها انتقال الالكترونات عبر السلك الموصل بينما تنتقل الايونات عبر الجسر الملحي	تنقل فيها الالكترونات من مصدر الجهد (البطارية) بواسطة الايونات الموجبة او السالبة الموجودة في المحلول الالكتروليتي.
٥	مثال عليها: خلية دانيال – البطاريات (بطاريات تشغيل السيارات)	مثال عليها : خلايا التحليل الكهربائي والطلاء الكهربائي

9-4 قوانين فاراداي

القانون الاول : - تتناسب كتلة اي مادة تترسب على الكاثود او تذوب من الانود او تتحرر كغازات مع كمية الكهربائية التي تمر خلال الخلية الكهربائية.

القانون الثاني : - تتناسب كتلة اي مادة تترسب على الكاثود او تذوب من الانود او تتحرر كغازات مع باستخدام نفس الكمية من الكهربائية مع الكتل المكافئة للمواد المختلفة

لفهم هذه القوانين يجب معرفة ما يلي

١- العمليات التي تجري عند قطب الكاثود هي

أ- اختزال ايونات الفلز الى ذراته عند الكاثود

$$Mg^{+}_{(aq)} + 2e^{-} \longrightarrow Mg_{(s)}$$

ب- تتحرر عند الكاثود الغازات التي تحمل في ايوناتها شحنة موجبة مثل H_2

$$2H^{+}_{(aq)} + 2e^{-} \longrightarrow H_{2(g)}$$

٢- العمليات التي تجري عند قطب الانود هي

أ- تتأكسد الفلزات الى ايوناتها اي تنحل تضمحل

$$Mg_{(s)} \longrightarrow Mg^{+2}_{(aq)} + 2e^{-}$$

ب- تتحرر الغازات التي تحمل في ايوناتها شحنة سالبة مثل O_2 وCl_2 و Br_2

$$2O^{-2}_{(aq)} \longrightarrow O_{2(g)} + 4e^{-}$$
$$2Cl^{-}_{(aq)} \longrightarrow Cl_{2(g)} + 2e^{-}$$

ملاحظات حسابية قبل الدخول الى مسائل فاراداي

القوانين الرياضية

1) $Q(C) = I(A) \times t(S)$

2) $Q(mol.e^-) = \frac{I(A) \times t(S)}{96500}$ هذا من سيتم الاعتماد عليه

قوانين سابقة لعدد المولات (يجب حفظها)

1) $n = \frac{m(g)}{M(g/mol)}$ ⟶ $m = n \times M$ ⟶ $M = \frac{m(g)}{n(mol)}$

2) $PV = nRT$ ⟶ $n = \frac{PV}{RT}$

هنا يجب ان يكون الحجم بوحدة اللتر والضغط بوحدة atm وللتذكير
1 atm = 760 torr
1L = 1000 mL

3) $n = \frac{\text{عدد الجسيمات}}{\text{عدد افوكادرو}}$ ⟶ عدد الجسيمات= n X عدد أفوكادرو

حيث عدد الجسيمات قد يكون

أ) عدد الذرات ب) عدد الجزيئات ج) عدد مولات الالكترونات

عدد افوكادرو عدد ثابت = 6.023×10^{-23}

ووحدته تتغير حسب المعطى وهي جسيم / مول

4) $n = \frac{V(L)}{22.4L/mol}$ يستخدم في الظروف القياسية STP

5) $n = M_{(mol/L)} \times V_{(L)}$

هناك نوعان من الشحنات الكهربائية

Q(c) هي الشحنة الكهربائية بوحدة كولوم

Q(mol.e) هي الشحنة الكهربائية بعدد مولات الالكترونات. وهي تساوي الكولومات/ ثابت فاراداي

I شدة التيار بوحدة الامبير

t(s) الزمن بالثانية

وللتحويل من دقيقة(min) الى ثانية نضرب × 60

وللتحويل من ساعة(hr) الى ثانية نضرب × 3600

هناك علاقة بين عدد المولات وعدد مولات الالكترونات هي كالاتي

$n_{(\text{فلز})} = Q_{(mol.e)} \times \frac{n(mol)\text{معادلة}}{Q(mol.e)\text{معادلة}}$

لكن يفضل استخدام هذه الطريقة

لاحظ المعادلة وما يكتب تحتها

$Y^{+2} + 2e^- \rightarrow Y_2$

2   1

يعطى او يمكن الوصول اليه   X

وقد يمكن ان يكون mol.e معلوم والمول للعنصر مجهول.

للحفظ ايضا هذا القانون

عدد الالكترونات = Q × عدد افوكادرو

ملاحظات في غاية الاهمية

١- حينما يكون المجهول عدد مولات او مشتقاته(غرامات – عدد ذرات – كتله مولية) سيعطي لنا معلومات توصلنا الى Q ومنها نجد عدد المولات ومنها المطلوب.

٢- حينما يكون المجهول Q او احد مشتقاته (t او I) سيعطي معلومات توصلنا الى عدد المولات ومنها نجد ال Q ومنها المطلوب.

٣- اذا ذكر في السؤال ليبقى او وجد المتبقي = رقم معين نجد عدد المولات الكلية الداخلة في التفاعل ومن ثم نطبق القانون التالي (عدد المولات المستهلكة = عدد المولات الكلية - عدد المولات المتبقية)

٤- الحجم المولي هو الذي يحرر مول واحد وحينما يقول يحرر ضعف الحجم المولي اي المتحرر مولين وهكذا

٥- معادلات التحلل الكهربائي للماء (حفظ مهمة جدا) راجع ص ٣٩ في الملزمة سؤال4-38

الامثلة والتمارين والمسائل الخاصة بقوانين فاراداي

مثال(4-9) لتفاعل نصف الخلية $Mg^{+2} + 2e^- \longrightarrow Mg$ **احسب عدد غرامات المغنسيوم التي يمكن انتاجها من فلز المغنسيوم عند امرار تيار كهربائي شدته A 25 لفترة ساعة واحدة علما ان الكتلة الذرية للمغنسيوم = 24 g/mol وما هي عدد ذرات المغنسيوم المترسبة.**

الحـــــــل / يجب تحويل الزمن الى وحدة الثانية

$$t(s) = t\ (hr) \times 3600\ s/hr = 1\ (hr) \times 3600\ s/hr = 3600\ s$$

نجد كمية الكهربائية من العلاقة التالية

$$Q\ (mol\ .\ e^-) = \frac{I(A) \times t\,(S)}{96500}$$

$$Q\ (mol\ .\ e^-) = \frac{3600(s) \times 25\ (A)}{96500} = 0.9\ mol.e$$

$$Mg^{+2} + 2e^- \longrightarrow Mg$$

2   1

0.9   X

$$X = 0.9 / 2 = 0.45\ mol$$

لايجاد عدد الغرامات نستخدم هذه العلاقة

$$m = n \times M$$

$$m = 0.45\ mol \times 24\ g/mol = 10.8\ g$$

لايجاد عدد الذرات نستخدم هذه العلاقة

عدد الذرات = n X عدد افوكادرو

m = 0.46 mol X 6.023 X 10^{23} ذرة/mol = 2.07 x 10^{23} ذرة

تمرين(4-13) ما هي شدة التيار الكهربائي الذي يجب امراره في محلول كلوريد الذهب $AuCl_3$ لمدة 200 S ليرسب 3 g من الذهب عند الكاثود الذي كتلته المولية 197 g/ mol

الحل/ نجد عدد المولات اولا $n = \frac{m_{(g)}}{M_{(g/mol)}}$

$$n = \frac{3_{(g)}}{197_{(g/mol)}} = 0.015\ mol$$

معادلة ترسب الذهب عند الكاثود

$$Au^{+3} + 3e^- \longrightarrow Au$$

3   1

X   0.015

$$X = 3 \times 0.015 = 0.045\ mol.e$$

$$Q\ (mol\ .\ e^-) = \frac{I(A) \times t\,(S)}{96500}$$

$$I_{(A)} = \frac{Q\ (mol\ .e-) \times 96500}{t\ (S)} \qquad I_{(A)} = \frac{0.045 \times 96500}{200} = 21.7\ A$$

تمرين(4-14) محلول من كبريتات النحاس تركيزه 0.2M وحجمه 600 ml امرر فيه تيار كهربائي شدته 96.5 A احسب الزمن اللازم لكي يبقى 0.03 mol من ايون النحاس

ملاحظة / في هكذا نوع من المسائل التي يذكر فيها المتبقي نطبق هكذا قانون عدد المولات المتحلل = الكلية - المتبقية

الحـــــل / نجد عدد المولات الكلية الداخلة في التفاعل

$$V = \frac{V(mL)}{1000\ mL/L} = \frac{600(mL)}{1000\ mL/L} = 0.6\ L$$

$$n = M \times L = 0.2\ mol/L \times 0.6\ L = 0.12\ mol$$

$$n_{المتحلل} = n_{الكلية} - n_{المتبقية}$$

$$n_{المتحلل} = 0.12 - 0.03 = 0.09\ mol$$

معادلة ترسيب النحاس ومنها نجد كمية الكهربائية

$$Cu^{+2} + 2e^- \rightarrow Cu$$

2	1
X	0.09

$$X = 0.09 \times 2 = 0.18\ mol.e^-$$ كمية الكهربائية

نجد الزمن باستخدام هذه العلاقة

$$Q\ (mol\ .\ e^-) = \frac{I(A)\ X\ t(S)}{96500}$$

$$t_{(s)} = \frac{96500\ X\ Q\ (mol\ .e-)}{I(A)}$$

$$t_{(s)} = \frac{96500\ X\ 0.18}{96.5} = 180\ s$$

سؤال(4-10) من اسئلة الفصل) احد التفاعلات النصفية للتحليل الكهربائي للماء هو المعادلة

$$2H_2O \rightarrow 4H^+ + O_2 + 4e^-$$

فاذا جمع 0.08L من O_2 عند 25C° وضغط 755 mmHg فاحسب عدد مولات الالكترونات التي يجب تمريرها في المحلول. (يعني احسب Q)

الحل/ نجد عدد المولات من المعادلة العامة للغازات $n = \frac{PV}{RT}$ **ولكن يجب تحويل الضغط الى وحدة atm**

$$P_{(atm)} = \frac{P\ mmHg}{P\ mmHg/atm} = \frac{755\ mmHg}{760\ mmHg/atm} = 0.99\ atm$$

T (K) = t(c) + 273
T (K) = 25 + 273 = 298 K

$$n = \frac{PV}{RT} \qquad n = \frac{0.99\ atm\ X\ 0.08\ L}{0.082\ L.atm/mol.K\ X\ 298K} = 0.03\ moL$$

O_2	$4e^-$
1	4
0.03	X

$$X = 0.12\ mol\ .\ e^-$$ عدد مولات الالكترونات التي يجب امرارها

سؤال(4 -11) من اسئلة الفصل/ يسري تيار كهربائي لفترة 3.75 hr خلال خليتي تحليل كهربائية مربوطتين على التوالي تحتوي الاولى $AgNO_3$ والثانية محلول $CuCl_2$ خلال هذا الزمن ترسب 2g من الفضة احسب

أ) عدد غرامات النحاس التي ستترسب بالخلية الثانية.

ب) قيمة التيار بالأمبير. علما ان الكتلة الذرية للفضة 108 وللنحاس 63.5 بوحدات g/mol

الحـــــل/ نجد قيمة الكهربائية المارة بالخلية الاولى وهي نفسها التي ستكون في الخلية الثانية.

$$n = \frac{m_{(g)}}{M_{(g/mol)}} \qquad n = \frac{2_{(g)}}{108_{(g/mol)}} = 0.02\ mol$$

تفاعل الخلية الاولى هو

$$Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag$$

1	1
X	0.02

$$X = 0.02\ mol.e^-$$

تفاعل الخلية الثانية هو

$$Cu^{+2} + 2e^- \longrightarrow Cu$$

2	1
0.02	X

$$X = \frac{0.02}{2} = 0.01\ mol.$$

نجد عدد غرامات النحاس من هذه العلاقة

$$m = n\ X\ M$$

$$m = 0.01\ mol\ X\ 63.5\ g/mol = 0.635\ g$$

ب) لايجاد شدة التيار اولا يجب ايجاد الزمن بالثواني.

$$(ts) = t\ (hr)\ X\ 3600\ s/\ hr \quad = (3.75hr)\ X\ 3600\ s/\ hr \quad = 13500\ s$$

نجد شدة التيار من هذه العلاقة العلاقة التالية

$$Q\ (mol\ .\ e^-) = \frac{I(A)\quad X\ \ t\ (S)}{96500}$$

$$I(A) = \frac{Q\ (mol\ .e-)\quad X96500)}{t\ (S)}$$

$$I(A) = \frac{0.02\quad X96500)}{13500} = 0.142\ A$$

ملاحظات عن السؤال اعلاه

نلاحظ انه طلب غرامات النحاس وعليه يجب ايجاد عدد مولاته وهذا يتطلب ايجاد الكهربائية التي تمر في خلية النحاس وبما انه من الصعب ايجادها تم ايجاد كهربائية خلية الفضة وهو نفسه سيعوض في خلية النحاس لانها مربوطة على التوالي

سؤال(4 -31) من اسئلة الفصل/ أمرر تيار كهربائي شدته 10A خلال 965 S في خلية تحليل كهربائية تحتوي كبريتات النحاس ما هو وزن النحاس المترسب وعدد ذراته علما ان الكتلة الذرية للنحاس 63.5 g/ mol

(واجب) النتائج ستكون كالاتي وزن النحاس 3.175 g وعدد الذرات $0.3X\ 10^{23}$

سؤال(4 -32) يترسب 0.648g من احد الفلزات احادية التكافؤ على الكاثود عند امرار تيار كهربائي شدته 3A لمدة 3min و 13s في محلوله احسب الكتلة الذرية له؟

الحـــــــــــل/ نحول الزمن الى وحدة الثانية

$t(s) = t\ (min) \times 60\ s/min = (3\ min) \times 60\ s/min = 180s + 13\ s = 193\ s$

$$Q\ (mol\ .\ e^-) = \frac{3(A)\quad X\ 193\ (S)}{96500} = 0.006\ mol.e^-$$

بما انه فلز احادي التكافؤ ستكون معادله ترسبه بالصورة التالية

$$X^+ + e^- \longrightarrow X$$

1   1

0.006   X

X = 0.006 mol

$$n = \frac{m_{(g)}}{M_{(g/mol)}} \longrightarrow M = \frac{m_{(g)}}{n_{(mol)}}$$

$$M = \frac{0.648_{(g)}}{0.006_{(mol)}} = 108\ g/mol$$

سؤال(4 -33) من اسئلة الفصل / احسب عدد الالكترونات اللازمة لتحرير ضعف الحجم المولي للأوكسجين في STP؟

الحــــــــل/ يتحرر الاوكسجين عند الانود $4e^- + O_2 \longrightarrow 2O^{-2}$ و الحجم المولي هو الذي يحرر مول واحد اي ضعف الحجم المولي يحرر 2 مول لذا

$$2O^{-2} \longrightarrow O_2 + 4e^-$$

1 4

2 X

$$X = 2 \times 4 = 8 \text{ mol.e}$$

عدد الالكترونات = $mol.e^-$ x **عدد افوكادرو**

عدد الالكترونات = $8\ mol.e^- \times 6.023 \times 10^{23} = 48.16 \times 10^{23}\ e^-$

سؤال(4 -34) من اسئلة الفصل / احسب شدة التيار اللازم امراره لمدة 2hr و 520 s في خلية تحليل كهربائي ليحرر 36.12×10^{21} جزيئة من الهيدروجين و الاوكسجين على قطبي الخلية؟

للتنويه / بما انه ذكر تحرر جزئيات هيدروجين واوكسجين نكتب معادلة تفكك الماء الى جزيئات

الحل/

$$2H_2O \longrightarrow 2H_2 + O_2$$

2X X

وعليه $36.12 \times 10^{21} = 2X + X$

$$36.12 \times 10^{21} = 3X$$

$$X = 12.04 \times 10^{21}$$ جزيئة O_2

$$n_{O_2} = \frac{\text{عدد الجزيئات}}{\text{عدد افوكادرو}}$$

$$n_{O_2} = \frac{12.04\ X10^{21}}{6.23X10^{23}} = 2 \times 10^{-2} = 0.02\ mol$$

تفاعل نصف تحليل الماء كهربائيا

$$2H_2O \longrightarrow 4H^+ + O_2 + 4e^-$$

1 4

0.02 X

$$X = 0.02 \times 4 = 0.08\ mol.e^-$$

$$t(s) = t(hr) \times 3600\ s/hr = (2\ hr) \times 3600\ s/hr = 7200s + 520\ s = 7720\ s$$

نجد شدة التيار من هذه العلاقة التالية.

$$Q\ (mol\ .\ e^-) = \frac{I(A) \times t(S)}{96500}$$

$$I(A) = \frac{Q\ (mol\ .e-) \times 96500)}{t\ (S)} = \frac{0.08 \times 96500)}{7720\ s} = 1\ A$$

سؤال(4 -35) من اسئلة الفصل / أراد احد الصياغة طلاء خاتم ذهب فأمرر تيار كهربائي شدته 10A في خلية طلاء كهربائي تحتوي املاح الذهب فترسب الذهب على الخاتم لوحظ انه خلال 9.65 s ان 75% قد استهلك لترسيب الذهب فما كتلة الذهب المترسبة M_{Au} =197g/mol؟

الحـــــل/

$$Q\ (mol\ .\ e^-) = \frac{1(A)\quad X\ t\ (S)}{96500}$$

$$Q\ (mol\ .\ e^-) = \frac{10(A)\quad X\ 9.65\ (S)}{96500} = 0.001\ mol.e$$

لكن 75% منها قد استهلك وعليه كمية الكهربائية المستخدمة ستكون

$$0.001\ X\ \frac{75}{100} = 0.00075\ mol.e^-$$

ملاحظة
في هكذا نوع من المسائل فيها استهلاك كمية الكهربائية نستخرج كمية الكهربائية بالطرق المعروفة ومن ثم نضربها في الكمية المستهلكة لمعرفة كمية الكهربائية المستعملة

معادلة اختزال الذهب عند الكاثود

$$Au^{+3} + 3e^- \longrightarrow Au$$

3   1

0.00075   X

$$X = \frac{0.00075}{3} = 0.00025 mol$$

$$m = n\ X\ M$$

$$m = 0.00025\ mol\ X\ 197\ g/mol = 0.05\ g$$

سؤال(4 -36) من اسئلة الفصل / عند امرار 0.2 mol.e⁻ في محلول كبريتات النحاس وبعد ترسيب جميع النحاس تحرر 0.448 L من الهيدروجين في STP احسب كتلة النحاس المترسبة؟ علما ان كتلته الذرية = 63 g/ mol؟

الحـــــل / بما ان الظروف القياسية عدد مولات الهيدروجين ستحسب وفق العلاقة التالية

$$n = \frac{V(L)}{22.4L/mol} = n = \frac{0.448(L)}{22.4L/mol} = 0.02\ mol$$

ملاحظة عن هذا السؤال نلاحظ انه هناك مادتين خرجتا عند الكاثود لذا فان كمية الكهربائية المستخدمة تحسب للمادتين اولا للهيدروجين لانه يمكن الوصول الى عدد مولاته والمتبقي للنحاس ويكمل باقي السؤال بالخطوات المعروفة.

معادلة تحرر الهيدروجين

$$2H^{+} + 2e^- \longrightarrow H_2$$

2   1

X   0.02

$X = 0.04\ mol.e^-$ كمية الكهربائية التي استهلكت لتحرير الهيدروجين

كمية الكهربائية اللازمة لاستهلاك النحاس = $0.20 - 0.04 = 0.16\ mol.e^-$

معادلة ترسيب النحاس

$$Cu^{+2} + 2e^- \longrightarrow Cu$$

2   1

0.16   X

$$X = \frac{0.16}{2} = 0.08\ mol$$

$$m = n\ X\ M = 0.08\ mol\ x\ 63\ g/\ mol = 5.04\ g$$

سؤال(4 -18) من اسئلة الفصل / ما هو التيار بالأمبير اللازم لترسيب 5g من الذهب في ساعة واحدة على سطح الكاثود في محلول يحتوي ملح الذهب حالة التأكسد للذهب فيه +3 M_{Au} =197g/mol؛

الحــــــل / الجواب سيكون 2.01 A (واجب)

سؤال(4 -38) من اسئلة الفصل / في خلية تحليل الماء كهربائيا في STP تم امرار تيار كهربائي فيها لمدة 3 دقائق و13 ثانية فتحرر غازي الهيدروجين والاوكسجين عند قطبي الخلية وكان مجموع الغازين المتحررين = 0.0672 L اكتب معادلات نصفي الخلية والتفاعل العام لها ثم جد حجم كل غاز متحرر وشدة التيار المار؟

الحــــل / معادلات نصفي خلية التحليل الكهربائي للماء والمعادلة العامة هي (حفظ)

تفاعل نصف خلية أنود: $2H_2O \longrightarrow 4H^+ + O_2 + 4e^-$

تفاعل نصف خلية كاثود: $4H^+ + 4e^- \longrightarrow 2H_2$

التفاعل العام للخلية: $2H_2O \longrightarrow 2H_2 + O_2$

ايجاد حجم كل غاز

نكتب المعادلة العامة للتحليل

$2H_2O \longrightarrow 2H_2 + O_2$

$2X \quad X$

$0.0672 = 2X + X = 3X$ وعليه

حجم الاوكسجين $X = \frac{0.0672}{3} = 0.0224\ L$

حجم الهيدروجين $= 2 \times 0.0224 = 0.0448L$

ايجاد شدة التيار المار

$n_{O_2} = \frac{V(L)}{22.4L/mol} = \frac{0.0224(L)}{22.4L/mol} = 0.001mol$

$O_2 + 4e^-$

1 4

0.001 X

$X = 4 \times 0.001 = 0.004\ mol.e^-$

$Q = \frac{I_A\ X\ t_s}{96500}$

$I = \frac{Q\ X\ 96500}{t_s} = \frac{0.004\ X\ 96500}{193} = 2A$

4-10 البطاريات والنضائد وخلايا الوقود

عادة تسمى الخلايا الكلفانية بالبطاريات وتصنف نوعين

١ـ بطاريات اولية لا يمكن شحنها ٢ـ بطاريات ثانوية يمكن شحنها

والبطاريات تتكون من تجميع عدد من الخلايا الكلفانية تربط على التوالي ويكون جهدها مساو لمجموع جهد الخلايا المتكونة واهم انواعها

١ـ بطارية الخزن الرصاصية. وتستعمل في تشغيل السيارة وكثير من المعدات الكهربائية والصناعية واهم مكوناتها

أـ تتكون من مجموعة خلايا رصاصية كلفانية جهد كل منها اكثر بقليل من (2V) كل بطارية تتكون من قطبين احدهما مصنوع من الرصاص يمثل الانود والاخر من اوكسيد الرصاص يمثل الكاثود.

ب ـ المحلول الالكتروليتي المغمور فيه القطبين هو محلول حامض الكبريتيك كثافته عند التشغيل (1.2 g/ ml – 1.3 g/ ml)

جـ ـ ثلاثة او ستة خلايا تعمل كخلية كلفانية جهدها 6V او 12V مربوطة على التوالي

تفاعلاتها : ١ـ التفاعل الذي يحدث على الانود

$$Pb_{(s)} + SO_4^{-2} \longrightarrow PbSO_{4(s)} + 2e^-$$

٢ـ التفاعل الذي يحدث على الكاثود

$$PbO_{2(s)} + 4H^+ + SO_4^{-2} + 2e^- \longrightarrow PbSO_{4(s)} + 2H_2O_{(l)}$$

$$Pb_{(s)} + PbO_{2(s)} + 2H_2SO_4 \longrightarrow 2PbSO_{4(s)} + 2H_2O_{(l)}$$ التفاعل العام للخلية

ملاحظات عن بطارية الخزن الرصاصية.

- عند استمرار عمل الخلية تترسب كبريتات الرصاص بشكل مسحوق ابيض على القطبين ويستهلك حامض الكبريتيك فتزداد كمية الماء مما يؤدي الى انخفاض كثافة المحول ولكن بانطلاق السيارة تنعكس تفاعلات نصفي الخلية ويعاد انتاج H_2SO_4 و $PbSO_4$ و Pb.
- يمكن اعادة شحن البطارية بأمرار تيار كهربائي خارجي لعكس تفاعل الخلية.

٢ـ الخلية الجافة (خارصين – كاربون). هي عبارة عن وعاء خارصين يعمل كآنود مملوء بمعجون رطب من MnO_2 وكاربون كرافيت كاثود وكلوريد الأمونيوم.

س 4-19 مما يتكون انود وكاثود البطارية الجافة اكتب تفاعلات نصفي الخلية تفاعلها العام مميزاتها؟

الجواب / *الانود الخارصين ـ الكاثود الكاربون (الكرافيت)*

تفاعلات نصفي الخلية

تتأكسد ذرات الخارصين عند الانود

$$Zn_{(s)} + 2OH^-_{(aq)} \longrightarrow Zn(OH)_{2\,(s)} + 2e^-$$

$$2MnO_{2(s)} + 2H_2O_{(l)} + 2e^- \longrightarrow 2MnO(OH)_{(s)} + 2OH^-_{(aq)}$$

والتفاعل العام للخلية

$$Zn_{(s)} + 2MnO_{2(s)} + 2H_2O_{(l)} \longrightarrow Zn(OH)_{2(s)} + 2MnO(OH)_{(s)}$$

مواصفاتها

١ - تعطي جهد 1.48 V ٢ـ غير قابلة للشحن ٣ـ تستخدم في اجهزة راديو الحاسوب

الجدول 1 - 6 تكافؤات واعداد التاكسد لايونات الذرات والجذور الشائعة الاستخدام

احادية التكافؤ		عدد التاكسد	ثنائية التكافؤ		عدد التاكسد
البوتاسيوم	K	+1	الزئبق (II)	Hg	+2
الصوديوم	Na	+1	القصدير (II)	Sn	+2
الفضة	Ag	+1	المغنيسيوم	Mg	+2
النحاس (I)	Cu	+1	الكالسيوم	Ca	+2
الهيدروجين	H	+1	الخارصين	Zn	+2
الامونيوم	NH_4	+1	الباريوم	Ba	+2
كلوريد	Cl	−1	الحديد (II)	Fe	+2
بروميد	Br	−1	النحاس (II)	Cu	+2
هيدروكسيد	OH	−1	الرصاص (II)	Pb	+2
نترات	NO_3	−1	كاربونات	CO_3	−2
نتريت	NO_2	−1	كبريتات	SO_4	−2
كلورات	ClO_3	−1	كبريتيت	SO_3	−2
يوديد	I	−1	كبريتيد	S	−2
فلوريد	F	−1	اوكسيد	O	−2
كبريتات هيدروجينية	HSO_4	−1			
كاربونات هيدروجينية	HCO_3	−1			
خلات	CH_3COO	−1			
ثلاثية التكافؤ			**رباعية التكافؤ**		
الالمنيوم	Al	+3	الرصاص (IV)	Pb	+4
الحديد (III)	Fe	+3	القصدير (IV)	Sn	+4
الفوسفات	PO_4	−3	المنغنيز (IV)	Mn	+4

ارقام صفحات اسئلة الفصل	
س١ /تعاريف ☐	س٢١ /ص٢٣ ☐
س٢ /ص١٨ ☐	س٢٢ /ص٢٥ ☐
س٣ /ص١٤ ☐	س٢٣ /ص١٤ ☐
س٤ /ص١٨ ☐	س٢٤ /ص٢٥ ☐
س٥ /ص١٩ ☐	س٢٥ /ص٢٦ ☐
س٦ /ص٢١ ☐	س٢٦ /ص٢٧ ☐
س٧ /ص٢٢ ☐	س٢٧ /ص٢٧ ☐
س٨ /ص٢٣ ☐	س٢٨ /ص١٥ ☐
س٩ /ص٣١ ☐	س٢٩ /ص٢٨ ☐
س١٠ /ص٣٤ ☐	س٣٠ /ص٢٦ ☐
س١١ /ص٣٥ ☐	س٣١ /ص٣٦ ☐
س١٢ /ص١٤ ☐	س٣٢ /ص٣٦ ☐
س١٣ /ص١٤ ☐	س٣٣ /ص٣٧ ☐
س١٤ /ص٢٤ ☐	س٣٤ /ص٣٧ ☐
س١٥ /ص٥ ☐	س٣٥ /ص٣٨ ☐
س١٦ /ص١٥ ☐	س٣٦ /ص٣٨ ☐
س١٧ /ص١٥ ☐	س٣٧ /ص١٩ ☐
س١٨ /ص٣٩ ☐	س٣٨ /ص٣٩ ☐
س١٩ /ص٤٠ ☐	س٣٩ /ص٢٤ ☐
س٢٠ /ص١٩ ☐	س٤٠ /ص٢٩ ☐

تمت بعونه تعالى

للمزيد من الملازم والدروس وكل ما يخص طلبة السادس الأعدادي زورونا على مواقع التواصل الأجتماعي ...



رحلة التفوق في السادس

عطاء بلا حدود

ا.د مينا الاحمد

ا.د اشرف الوائلي